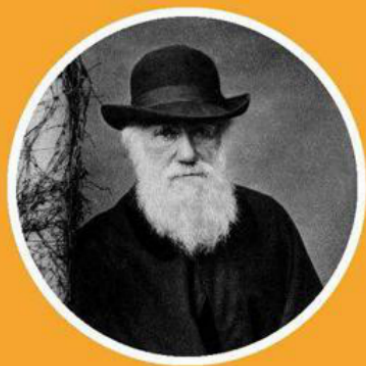


I FILOSOFI

Introduzione a
DARWIN
di
Telmo Pievani



Editori Laterza

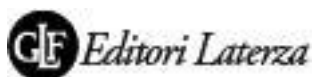
LADRI DI BIBLIOTECHE



eBook Laterza

Telmo Pievani

Introduzione a Darwin



© 2012, Gius. Laterza & Figli
Edizione digitale: settembre 2013

www.laterza.it

Proprietà letteraria riservata
Gius. Laterza & Figli Spa, Roma-Bari

Realizzato da Graphiservice s.r.l. - Bari (Italy)
per conto della
Gius. Laterza & Figli Spa

ISBN 9788858103883

È vietata la riproduzione, anche parziale, con qualsiasi mezzo effettuata

Un ringraziamento particolare a Giulio Barsanti, Elena Canadelli, Francesco Cassata, Paolo Coccia, Marco Ferraguti, Antonello La Vergata, Marcello Sala e Alessandro Volpone.

1. Un romanzo di formazione

1. Due famiglie intrecciate

Charles Robert Darwin nacque a Shrewsbury, quinto dei sei figli di Susannah Wedgwood, nello stesso anno, il 1809, in cui in Francia veniva data alle stampe la *Philosophie zoologique* di Jean-Baptiste Lamarck, e nello stesso giorno, il 12 febbraio 1809, in cui nasceva Abraham Lincoln. Il suo contesto domestico fu condizionato dalle storie intrecciate di due famiglie molto diverse fra loro, ma profondamente legate. Il lato paterno era dominato dalla figura possente del nonno Erasmus Darwin, spirito mordace, anticlericale, illuminista, ammiratore delle rivoluzioni francese e americana. Era amico del nonno materno di Darwin, Josiah Wedgwood, che invece era di religione unitariana, di quel cristianesimo operoso ridotto all'osso, senza Trinità e senza necessità di sovrannaturale in natura. Erasmus – medico, sostenitore delle nuove tecnologie industriali come Wedgwood, filantropo e libertino, avversario della schiavitù come lo sarà il nipote – accettava la parentela comune fra tutte le creature (a partire da un primo minuscolo «filamento») e l'ipotesi di un moto graduale e progressivo della vita sulla Terra, idee che aveva raccolto nel 1796 in un saggio proto-evoluzionistico dal titolo *Zoonomia, ovvero le leggi della vita organica*.

Erasmus difese la sua tesi, come più tardi fece anche Charles, osservando che gli animali addomesticati potevano essere modificati attraverso l'incrocio selettivo e che i resti fossili indicavano i cambiamenti subiti nel tempo dalle specie. Era convinto dell'ereditarietà dei caratteri acquisiti da un animale durante la sua vita. Considerato un'autorità della medicina d'Inghilterra, Erasmus fu invitato a diventare il medico personale di re Giorgio III. Era un prolifico inventore, i cui successi includevano un mulino a vento orizzontale che forniva energia alla fabbrica degli Wedgwood, e un noto poeta e filosofo naturale le cui idee, si suppose, ispirarono il romanzo di Mary Shelley *Frankenstein*.

Il lato materno era costituito invece da grandi industriali della ceramica, pragmatici e devoti, ottimisti e liberali, avanguardie intellettuali di una borghesia in ascesa. La figlia di Josiah, Susannah, incontrò il figlio di Erasmus, Robert Waring, a Etruria, il moderno stabilimento di ceramiche della famiglia Wedgwood, che includeva quartieri residenziali per i lavoratori, una chiesa e una scuola, frequentata da entrambi i genitori di Charles quando erano bambini.

In entrambe le famiglie era radicata la convinzione che le donne dovessero ricevere un'istruzione pari a quella degli uomini. Tra gli amici di famiglia c'era il poeta Samuel Taylor Coleridge, che gli Wedgwood finanziavano affinché potesse concentrarsi unicamente sulla scrittura. Josiah Wedgwood ed Erasmus Darwin si incontravano periodicamente alle riunioni di un gruppo di riformatori di idee simili, chiamato Lunar Society. I membri della società si facevano chiamare «lunatici» e pianificavano i loro incontri mensili in modo da poter tornare a casa sotto la luna piena. James Watt, l'inventore della macchina a vapore, era un componente, mentre Benjamin Franklin e Linneo apparvero come ospiti.

Erasmus nel 1783 manda a Edimburgo a studiare medicina il figlio minore Robert, che sarà padre di Charles e diventerà un rinomato e assai benestante medico dello Shropshire, esperto in malattie mentali. Nel 1817 muore la moglie di Robert per un tumore e Charles viene accudito ed educato dalle sorelle maggiori. Frequenta la ricca biblioteca paterna, dove trova molta buona filosofia della natura, ma gli studi classici che segue con il fratello maggiore Erasmus (come il nonno) lo annoiano terribilmente. È un collezionista accanito, raccoglie e osserva di tutto: minerali, uova, conchiglie, farfalle, ma soprattutto coleotteri. Va spesso a caccia e si appassiona a esperimenti (talvolta azzardati) di chimica casalinga.

2. Un giovane naturalista nella camera di Paley

Nel 1825 il padre – figura discreta e autorevole, ottimo amministratore degli averi di famiglia – lo sottrae in anticipo alla scuola e agli ozi spensierati della caccia, mandandolo a studiare medicina insieme al fratello maggiore a Edimburgo, città attivissima e fervente di innovazioni, l'Atene del Nord, una tradizione di famiglia, come del resto la lettura di David Hume. Charles ha ben presto in odio l'anatomia e le dissezioni di cadaveri, nonché le operazioni chirurgiche, allora senza anestesia. Impara però l'arte della tassidermia da un nero liberato, John Edmonstone, al Museo di Edimburgo, legge voracemente la *Zoonomia* di suo nonno, frequenta le società studentesche e la Plinian Society, fucina di storia naturale e di un certo materialismo scienista e anticlericale.

Charles dedica quasi tutto il suo tempo a collezionare insetti, piante, minerali, coralli, spugne e molluschi. Il suo mentore è Robert E. Grant, biologo marino, un evoluzionista convinto che gli fa conoscere i grandi naturalisti francesi Georges-Louis Leclerc de Buffon, Jean-Baptiste Lamarck e Étienne Geoffroy Saint-Hilaire. Frequenta il corso di geologia di Robert Jameson e impara a leggere gli strati rocciosi, prendendo dimestichezza con l'eventualità che la Terra sia molto più antica di quanto si pensi e che gli esseri viventi si siano trasformati nel corso del tempo. Grant è una figura spesso sottovalutata nelle ricostruzioni della prima formazione scientifica di Darwin, ma ebbe probabilmente un'influenza decisiva nell'esporsi a concezioni trasformiste della natura. Fu attraverso il nonno Erasmus e Grant che il giovane naturalista inglese esplorò in particolare le idee di Lamarck, verso il quale per tutta la carriera esprimerà un freddo distacco nelle opere pubbliche (citandolo solo dove strettamente necessario) e un aperto scherno nelle lettere private, mascherando forse in questo modo il suo reale debito verso il francese.

La lettura della *Zoonomia* e le escursioni sulle spiagge scozzesi insieme a Grant crearono probabilmente il contesto favorevole, nella mente di Darwin, per la discussione di idee evoluzionistiche negli anni a venire. Grant era interessato in particolare alle forme di vita marine primitive come le spugne e i briozoi – letteralmente, «animali muschio» – perché pensava che tutte le piante e gli animali provenissero da un unico antenato marino primitivo. Anche Darwin si appassionò a questo lavoro sul «punto di origine» in cui animali e piante si confondono e nel 1827 presentò a un gruppo di studenti un articolo su un briozoo chiamato *Flustra*. Fu la sua prima, informale, pubblicazione scientifica, dedicata a un tema che rimarrà poi sempre centrale nelle sue riflessioni: la continuità delle forme viventi che si manifesta in organismi primordiali il cui aspetto sembra fare da ponte

tra grandi raggruppamenti moderni.

Nell'aprile del 1827 torna a casa, senza la laurea: per il padre è un fallimento, ma intanto era cominciata la sua formazione intellettuale. Viene mandato a Cambridge per acquisire il Bachelor of Arts, primo passo della carriera ecclesiastica. A Oxford e Cambridge, a differenza della Edimburgo popolata da pensatori radicali, dominava il creazionismo più stretto e la teologia naturale rappresentava la visione dominante nei libri di testo. Era però possibile anche seguire molti corsi di scienze naturali, ed è ciò che Charles si mise immediatamente a fare. Si convinse che gli ordini sacri erano l'unica strada che aveva per intraprendere una carriera naturalistica, la sua unica vera passione. Ironia della sorte – alla luce di ciò che accadde dopo – volle che al diciannovenne, giunto nel 1828 insieme al fratello maggiore in una Cambridge oppressa dal conformismo anglicano e percorsa da incombenti sedizioni, fosse assegnata proprio la stanza al primo piano del Christ's College che un tempo era stata occupata da William Paley, autore dei libri di testo adottati dall'università, come *The Principles of Moral and Political Philosophy* del 1785.

La *Natural Theology*, pubblicata da Paley nel 1802 tre anni prima della morte, era una lettura apologetica pressoché obbligata a Cambridge. La sua prosa ricercata perseguiva il pio obiettivo, già di molti altri grandi della scienza inglese, di mostrare le «evidenze dell'esistenza e degli attributi della divinità raccolti dalle manifestazioni della natura». Paley presentava differenti versioni del cosiddetto «argument from design» – formalizzato da Tommaso d'Aquino e sostenuto da autorità indiscusse della scienza britannica come John Ray e William Derham, ma soprattutto da Robert Boyle e da Isaac Newton nell'*Opticks* – cioè la deduzione dell'esistenza di Dio a partire dall'evidenza di un progetto insito nel mondo naturale. Si trattava, nella sostanza, di un'argomentazione per analogia. Se camminando per una brughiera, spiegava Paley, noi incappiamo in un artefatto, per esempio un orologio di pregiata fattura, siamo portati a ritenere, in virtù della sua forma e delle relazioni complesse fra le sue componenti, che sia esistito un orologiaio che lo ha progettato e costruito. Sappiamo cioè che si tratta del prodotto di un'attività intenzionale. Se invece inciampiamo in una pietra, siamo autorizzati a pensare che essa si trovasse lì da sempre e senza alcuna ragione particolare.

Se non esiste un congegno senza un inventore, un ordine senza un ordinatore, un progetto senza un progettista, quando volgiamo lo sguardo all'universo ci accorgiamo della sua straordinaria armonia e articolazione, ben superiore a quella di un orologio. Non possiamo che dedurne, a maggior ragione, l'esistenza di una mente suprema che ha progettato l'universo, proprio come l'orologiaio ha progettato il suo

meccanismo. Lo stesso ragionamento possiamo adesso avanzare osservando le ingegnose opere della natura sul nostro pianeta, gli adattamenti perfetti delle specie, le splendide forme degli animali: la loro armonia di forme e funzioni non può essere il prodotto di una dinamica naturale casuale come il rotolare insulso di una pietra. A differenza di quella continentale, basata principalmente su «leggi della forma» interne, la teologia naturale britannica puntava proprio sull'adattamento e sulla funzionalità come prove della progettazione divina. Darwin rimase affascinato come molti suoi contemporanei dalla lettura di Paley e dalle sue minuziose, appassionanti descrizioni degli ingegneristici adattamenti di piante e animali. Certo non avrebbe immaginato, in quella cameretta del Christ's College, che il destino gli teneva in serbo il ruolo di colui che confuterà per via scientifica la dottrina della teologia naturale e renderà superfluo il ricorso a ipotesi sovranaturalistiche e teleologiche per comprendere la diversità, le trasformazioni e gli adattamenti degli esseri viventi.

3. Battesimo geologico e oceanico

Tra una battuta di caccia e l'altra, passò l'esame di medio termine abbastanza bene e così quello dell'anno successivo: risultati buoni, conquistati a fatica, uniti ad altri arricchimenti come la frequentazione in famiglia del filosofo morale James Mackintosh e la lettura del *Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* di John Herschel. All'università di Cambridge l'interesse di Darwin per la storia naturale divenne molto più che un hobby. Entrò a far parte di un circolo elitario di eminenti professori ai quali si ispirava e divenne il pupillo del reverendo John S. Henslow, botanico brillante e carismatico. Henslow gli presentò Adam Sedgwick, uno dei più importanti geologi britannici, che portò Darwin con sé in una spedizione geologica attraverso il Galles e le sue antichissime conformazioni. Sedgwick lo impressionò perché leggeva il paesaggio roccioso come un libro di storia, traendo da una manciata di indizi conclusioni generali.

Almeno da quando il geologo scozzese James Hutton alla fine del Settecento aveva ricostruito i lunghi e lenti processi di formazione delle scogliere di arenaria di Siccar Point, i geologi avevano ormai documentato che la Terra non era statica: nel tempo aveva subito vasti cambiamenti – erosioni, subsidenze, sollevamenti, inclinazioni – i quali, di fatto, erano ancora in corso. La Terra dunque era molto più vecchia di quanto suggerissero i testi biblici, poiché i processi di trasformazione della superficie terrestre avevano richiesto milioni e milioni di anni, senza «vestigio di un inizio, né prospettiva di una fine» aveva sentenziato Hutton. Queste idee, allora dibattute pubblicamente in Inghilterra con vasto seguito, ebbero una duratura influenza sul pensiero di Darwin, che terrà sempre a definirsi un geologo ancor prima che un naturalista.

Nell'agosto del 1831 Darwin, per interessamento di Henslow, ricevette un invito inaspettato che avrebbe cambiato per sempre il corso della sua vita: unirsi all'equipaggio del brigantino della Marina inglese «Beagle» per un viaggio intorno al mondo durante il quale avrebbe potuto compiere liberamente osservazioni naturalistiche. Da mesi sognava di visitare i tropici. Riuscì a vincere le diffidenze del padre verso quel «progetto insensato», grazie all'intervento pragmatico dello zio Wedgwood, e quelle del capitano del vascello, Robert FitzRoy, un giovane aristocratico di talento, futuro meteorologo, di impetuoso carattere e di vedute conservatrici con il quale i rapporti saranno sempre piuttosto tesi.

Salpato da Plymouth il 27 dicembre 1831, il Beagle effettuò rilevamenti lungo la costa del Sud America, permettendo a Darwin di esplorare liberamente la terraferma e le isole. Riempì dozzine di

taccuini con meticolose osservazioni geologiche e biogeografiche, con descrizioni morfologiche e funzionali di animali e di piante. Nell'*Autobiografia* Darwin descrisse il viaggio sul Beagle come «l'avvenimento di gran lunga più importante della mia vita», la svolta della carriera. Quando partì, ventiduenne, era un giovane laureato, ancora intento a pianificare una carriera da parroco di campagna e da collezionista dilettante. Quando tornò, era un affermato geologo e naturalista viaggiatore, molto conosciuto a Londra per via della strabiliante collezione spedita prima del ritorno. Il viaggio sul Beagle gli fornì un'enorme quantità di esperienze su cui riflettere per decenni, ma anche i primi semi di una teoria a cui avrebbe lavorato per il resto della sua esistenza.

Su un brigantino lungo poco più di ventisette metri, soffrendo quasi ininterrottamente il mal di mare, Darwin compie una circumnavigazione del globo di cinque anni, dalla fine del 1831 all'autunno del 1836, restando però per gran parte del tempo in Sudamerica e passando due terzi del viaggio a terra. Le soste più rilevanti furono a Capoverde, Fernando de Noronha, Salvador de Bahia, Rio de Janeiro, Montevideo, in Patagonia, sulle isole Falkland, in Terra del Fuoco, in Cile e Perù, sull'arcipelago delle Galápagos, a Tahiti, in Nuova Zelanda e Tasmania, a Sydney, sulle isole Keelings o Cocos, a Mauritius, poi Città del Capo, e infine l'ultima traversata dell'Atlantico toccando di nuovo la costa brasiliana e poi le Azzorre. Mentre la nave misurava sistematicamente le profondità dell'oceano e il capitano FitzRoy – eccellente cartografo, inventore poi di barometri e di strumenti di navigazione adottati dalla Marina britannica, e precursore dei moderni sistemi di previsione meteorologica – verificava linee di costa, percorribilità delle rotte e affidabilità dei porti, Darwin scendeva a terra per esplorare e raccogliere esemplari.

4. Tutte le isole del mondo

Il suo lavoro, formalmente in qualità di gentiluomo accompagnatore del capitano, fu un successo sotto tutti i punti di vista. Darwin spedì in Inghilterra esemplari di oltre 1500 specie diverse, centinaia delle quali del tutto sconosciute in Europa, e al suo rientro diventerà una celebrità per questa impresa di viaggiatore naturalista. La scoperta delle scomodità della vita in mare e l'impossibilità di scendere a Santa Cruz di Tenerife a causa di una quarantena contro il colera furono le prime delusioni, ben presto però ripagate dall'incontro con l'arcipelago di Capoverde, che diventa un'iniziazione alle dimensioni sconfinite, ed elusive, del tempo della Terra.

La geologia rappresentò la competenza primaria di Darwin e lo sfondo indispensabile per la nascita delle sue idee sulla «trasmutazione» delle specie. Fu della geologia di allora la consapevolezza dello sfondamento all'indietro degli eoni del tempo, l'idea che la vita attuale galleggiasse sopra una distesa sterminata di epoche passate, sottile pellicola alla sommità di strati temporali abitati da altre creature e sconvolti da inusitate potenze telluriche. Ma è della geologia anche la percezione dell'instabilità attuale della crosta terrestre, attraversata da scosse, da eruzioni (come quella del vulcano Osorno, alla quale Darwin assiste in Cile) e da trasformazioni che sono il frutto delle stesse forze che accumulano i loro effetti nel tempo. Proprio in questa instabilità del contesto fisico, e poi ecologico, si sviluppa il gioco dell'evoluzione e il tempo della Terra fa da palcoscenico ai tempi plurali della vita, alla diversificazione, moltiplicazione ed estinzione delle specie.

Ma la geologia («materia in cui entra in gioco il ragionamento», scriverà Darwin nell'*Autobiografia*) fu anche altro. Dai primi saggi giovanili sulle isole vulcaniche e sulla formazione degli atolli corallini fino all'ultima opera sulle attività degli umili e gloriosi lombrichi, fu per Darwin un modello epistemologico di scienza naturale rigorosa, capace di estrapolare dalle sue osservazioni meticolose quelle regolarità e quelle strutture del tempo che si ripetono fedelmente in ogni parte del globo, permettendo di scovare gli «schemi ripetuti di eventi», o pattern, che emergono come filigrane dalla storia (Eldredge, 1999, 2006). Il giovane naturalista si ripromise di scrivere libri di geologia, ma anche di tradurre nelle scienze della vita il metodo di indagine della geologia: non più solo classificazioni e raccolte di descrizioni, ma «connessioni tra fatti sparsi», scriverà nei Taccuini. In più, le scienze della Terra erano discipline in fase di trasformazione, pervase da correnti di pensiero contrapposte (plutonisti e nettunisti, catastrofisti e uniformisti) e da sempre nuove scoperte: il contesto fluido ideale affinché un giovane ambizioso potesse mettere alla prova

le autorità dei maestri e l'attualità dei dibattiti scientifici del momento.

Oltre a tutto ciò, la geologia permise anche a Darwin di percepire per la prima volta il carattere non finalistico delle manifestazioni naturali, la loro indifferenza verso le sorti degli umani, la loro brutale e solenne indipendenza dalle nostre personalizzazioni provvidenzialistiche. Questa congerie di significati si condensa nel battesimo geologico di Darwin sull'isola di Santiago, nell'arcipelago di Capoverde, prima sosta del 16 gennaio 1832. Dalle note grezze di quei giorni (il «Manoscritto di Santiago», il «Manoscritto di Quail Island» e il Diario di Bordo originale, che poi Darwin rielaborerà al ritorno), si scorgono nelle sue ambivalenze teoriche, nei passi falsi, nelle insicurezze del neofita i prodromi del corpo a corpo con l'immensità del tempo e con le trasformazioni che in essa si realizzano. A tratti anticipa il suo caratteristico gradualismo, ma ancora concedendo credito all'intervento di forze violente e di innovazioni improvvise, proprio come avverrà per il fugace cenno «saltazionista» a proposito della nascita di nuove specie contenuto nel Taccuino Rosso del 1837.

Inizia qui il tragitto fisico e mentale del naturalista nei primissimi passi della sua istruzione geologica sul campo, lontano dalla madrepatria, fin da quando si interroga sull'inesistenza o sull'inabissamento di un grappolo di scogli che figuravano nelle carte nautiche. Con isole e arcipelaghi Darwin manterrà sempre un rapporto privilegiato, essendo un concentrato di diversità, di esperimenti naturali e culturali, di separatezza dolorosa, ma anche di innovazioni e di proliferazioni di forme. Andrebbero tutte studiate a tappeto le isole del mondo – scriverà Darwin, pochi mesi prima di morire, al giovane Francisco de Arruda Furtado che gli scrive dalle Azzorre – perché sono il paradigma dell'evoluzione, laboratori di cambiamento a cielo aperto.

Tra escursioni sull'isolotto di Quail e spedizioni verso l'interno dell'isola di Santiago di Capoverde attorno al porto di Praja – emulando la curiosità intelligente e la cura dei dettagli che aveva assaporato nell'avvincente *Personal Narrative* di Alexander von Humboldt – Darwin mette a punto le sue tecniche di osservazione, di trascrizione dei dati e di raccolta dei reperti da spedire in patria, inaugurando quello stile unico che traspare anche dai Taccuini giovanili: una quasi totale indifferenza verso gli steccati disciplinari; una buona dose di irriverenza (in privato) nei confronti delle tesi formulate dai predecessori; la capacità di anticipare le obiezioni che altri muoveranno alle sue ipotesi; una miscela formidabile di fatti corroboranti e di slanci teorici arditi.

Nel corso di una delle risalite, mentre si interroga sui meccanismi di erosione (marina o fluviale?) che hanno scolpito le vallate interne

dell'isola, avviene l'incontro con i «celebri alberi baobab», la cui longevità suscita in Darwin parole incerte, come di chi ancora non abbia le idee chiare, tra dettami biblici e sedimentazioni geologiche, circa le proporzioni reali del tempo (Chiesura, 2012). Così si lascia scappare l'appunto secondo cui il baobab, con la sua possibile «incredibile età di 6000 anni», sarebbe «vissuto durante una grande frazione del tempo di esistenza di questo mondo». Non è chiaro però se intenda mondo umano o mondo naturale in sé, tanto che nelle righe successive l'antichità del baobab viene proiettata sullo sfondo di ben più «remote età». È una vertigine di scale temporali differenti e difficili da calcolare, che non abbandonerà mai Darwin fino alla morte, avvenuta in un contesto scientifico in cui i maggiori fisici britannici (rappresentati dall'«odioso spettro» delle datazioni brevi di William Thompson, lord Kelvin) non conoscendo ancora la radioattività attribuivano alla Terra una giovane età incompatibile con il tempo lungo richiesto dalla teoria dell'evoluzione. La rivincita sulla regina delle scienze dure arriverà con il nuovo secolo, ma era già in preparazione nelle sue note capoverdiane, così piene di entusiasmo e di aspettative.

5. Il più basso grado di umanità?

Le gioie del viaggio si concretizzeranno poche settimane dopo, quando Darwin visita per la prima volta le foreste pluviali brasiliane scendendo a Salvador de Bahia. È un tripudio di odori, di colori, di fiori e di frutti, di iguane verdi e di miriadi di insetti, un'autentica rivelazione dell'esuberanza naturale, un «caos di delizie» che sarà pari soltanto, per soddisfazione, alla raccolta dei fossili di enormi mammiferi estinti (bradipi terrestri giganti, gliptodonti) a Punta Alta, sulla costa argentina. Giunti a Rio de Janeiro, durante una lunga escursione all'interno tra i latifondi coloniali, è però il mondo umano a deluderlo, quando osserva le terribili condizioni di sfruttamento degli schiavi. Sull'argomento si consumerà il primo e non ultimo dissidio con FitzRoy, per il quale la schiavitù era invece una naturale conseguenza delle differenze fra popoli civilizzati e popoli ancora fermi allo stato di natura.

In effetti, incontrare esseri «selvaggi», intrappolati in un'altra epoca, era uno degli scopi della spedizione del Beagle. Il primo abboccamento con gli «uomini primitivi» Yamana della Terra del Fuoco, il 18 dicembre 1832, genera in Darwin un misto di ripugnanza e di curiosità. Li descrive timidi, suggestionabili, terrorizzati dalle armi, trasandati. Questi «esseri di sciagurato aspetto» non mostrano di avere un linguaggio articolato degno di questo nome, non hanno case né vestiti né proprietà personali. La loro apparenza da «diavoli» è talmente sgradevole da far dubitare addirittura che appartengano al genere umano: «Com'è totale la differenza tra il selvaggio e l'uomo civilizzato! Essa è più grande di quella che esiste fra un animale selvatico e uno domestico. Io credo che se si frugasse tutto il mondo non si troverebbe un più basso grado di umanità». E poi, da dove vengono questi «spiriti inquieti di un altro mondo»? Stanno forse qui «dal tempo della creazione»? In caso contrario, perché si sono spostati dalle zone settentrionali, sicuramente più accoglienti, per vivere nudi «in questa immobile solitudine» dove «la morte, non già la vita, è lo spirito predominante»?

I fuegini, secondo Darwin, non mostrano alcuno sviluppo da secoli: stesse abitudini, stesse tecnologie. La popolazione sembra stabile, ma non mancano le guerre fra tribù confinanti causate dalla scarsità di risorse. Eppure sopravvivono: la natura, «rendendo onnipotenti le abitudini», aveva in un modo o nell'altro «adattato i fuegini al clima e ai prodotti della loro terra». Ciò non toglie che «è quasi impossibile convincersi che questi siano nostri simili, abitanti dello stesso mondo». Come colmare dunque l'abisso «fra le facoltà di un selvaggio fuegino e un Sir Isaac Newton»? Con un esperimento antropologico, architettato da FitzRoy.

Tre fuegini erano stati «civilizzati» in Inghilterra, educati come missionari indigeni ed erano ora sul Beagle pronti per essere reintrodotti nella loro terra d'origine. I tre, accompagnati da un pastore, Richard Matthews, erano stati ribattezzati York Minster, Jemmy Button e Fuegia Basket. Ciò che più disorientava Darwin era che costoro, in meno di tre anni, avevano avuto un miglioramento incredibile: parlavano inglese, curavano il proprio corpo, usavano le posate a tavola come bravi sudditi di Sua Maestà. Darwin si domandava allora se ciò fosse dovuto alla grande plasticità della natura umana (i fuegini erano ottimi imitatori) o al fatto che discendiamo tutti – Shakespeare, Newton e i fuegini – da un ceppo comune recente.

L'esperimento avrebbe dato qualche risposta. Il 23 gennaio 1833, dopo essere sopravvissuti a una tempesta che per poco non mandò a picco la nave, abbandonarono Matthews e i fuegini nell'insenatura di Woollya, sul «canale Beagle» così denominato nel viaggio precedente del brigantino. Costruirono un piccolo accampamento. Dopo nove giorni di rilevamenti nei dintorni, ripassarono e trovarono i missionari in salute, ma già vittime di ripetuti saccheggi. Matthews, spaventato, rinunciò all'impresa e tornò a bordo. Restarono a terra l'undicenne Fuegia e gli altri due. Darwin era convinto che avrebbero cercato di vivere per quanto possibile come buoni inglesi, visto che avevano assaporato il dono irreversibile della civiltà. Coltiveranno la terra, si daranno una disciplina e diverranno un esempio per gli altri, immaginava ottimisticamente. Avrebbero potuto insomma lasciare definitivamente foche e leoni marini ai cacciatori stranieri e passare all'agricoltura.

Fra i vari auspici vi era anche quello che essi potessero abbandonare le pratiche antropofaghe. Sul Beagle si era molto discusso della diceria circa il presunto cannibalismo dei fuegini. Durante il viaggio lo avevano chiesto a Jemmy, il quale aveva risposto sornione, fra il serio e il faceto: «Durante l'inverno a volte mangiano le donne». Il che dimostra che saranno stati anche selvaggi, ma il senso dell'ironia non mancava loro. Il Beagle tornò nella Terra del Fuoco un anno dopo, nel febbraio 1834. Charles compiva 25 anni e FitzRoy, gentile, battezzò «Monte Darwin» il secondo picco più alto delle montagne a nord del canale Beagle. Sbarcarono di nuovo a Woollya e scoprirono che l'esperimento aveva avuto esiti impreveduti. Le capanne erano deserte, gli orti incolti. In una canoa c'era Jemmy: «mai vista una trasformazione tanto completa e tanto orribile», «era penoso guardarlo, magro, pallido e senza traccia di abiti tranne un pezzetto di coperta attorno alla vita».

Jemmy salutò i vecchi amici, con la moglie fuegina al suo fianco, incinta. FitzRoy si commosse e lo caricò a bordo. Lo pulirono e

rivestirono per la cena: lui mangiò impeccabilmente con le posate e raccontò in inglese l'avventuroso anno trascorso. York e Fuegia lo avevano derubato e abbandonato. Era tornato alla sua tribù Yahgan e ora non aveva dubbi: il suo posto era lì, in quella terra desolata ed estrema, dove si sentiva felice. «Frutta in abbondanza, tanti uccelli, dieci guanachi in tempo di neve, e pesce fin troppo», enfatizzò. Donò un paio di stupende pelli di lontra agli ufficiali, alcune frecce per il capitano FitzRoy e due punte di lancia «per il Signor Darwin». L'intero equipaggio volle stringere la mano per l'ultima volta a quel fuegino, missionario mancato: «Io spero, anzi non dubito, che sarà felice come se non avesse mai lasciato il suo paese, il che è molto più di quanto avevo immaginato prima». Le abitudini antiche avevano prevalso, i suoi istinti atavici avevano vinto sulle influenze «civilizzatrici».

Jemmy accese un fuoco di addio sulla spiaggia mentre il Beagle usciva dalla baia. Tutti pensarono a quanto è difficile cancellare le differenze di nascita che separano gli esseri umani. Ma nella mente di Darwin quell'indigeno scaltro e un po' malinconico aveva smesso per sempre di essere soltanto un brutale rappresentante del «più basso grado di umanità». I fuegini a quel tempo erano circa ottomila. Carestie, epidemie e guerre li ridurranno, al volgere del secolo, a poco più di duecento anime. Vicino a Woollya ora c'è Ushuaia. Il primo dizionario inglese-yamana comprendeva più di trentaduemila vocaboli. Ma adesso non serve più.

6. *Natura sovrana*

Entrati nel Pacifico, nei canali contorti della piovosa Chiloé, sulla costa del Cile, Darwin ha l'impressione di essersi spinto ai limiti fisici della cristianità. Così era stato soprannominato il porticciolo di Caylen poco più a sud: «la fine della cristianità». Il Beagle solcò quelle acque per tre volte, nel periodo compreso fra il luglio del 1834 e il febbraio del 1835. Chiloé, terra di maiali, patate e pesce – annota Darwin – è raggiunta dopo aver contemplato gli scenari maestosi del Monte Sarmiento e dei ghiacciai che come «cateratte azzurre» si tuffano nell'oceano.

Mai vista tanta pioggia, tanta nebbia, un mare così inquieto e spumeggiante, nei labirintici arcipelaghi di fronte ai vulcani cileni. Il terreno è impervio, le foreste impenetrabili, le maree veloci e impetuose. Difficile ovunque piantare le tende. «Desolazione» è il termine che ricorre più frequentemente: «Le creazioni inanimate della natura – rocce, ghiaccio, neve, vento e acqua, tutte in lotta fra loro, ma tutte unite contro l'uomo – regnano qui in assoluta sovranità». Castro, l'antica capitale di Chiloé, è talmente abbandonata a se stessa che non vi si può comprare nemmeno un «chilo di zucchero né un coltello comune». Gli sparuti abitanti sembravano aver perso addirittura il senso del tempo: «Nessuno possedeva un orologio e un vecchio, che si supponeva avesse una buona idea del tempo, era incaricato di suonare a suo arbitrio le campane».

Le case non avevano camini ed erano miseramente annerite dal fumo che fuoriusciva dalle fessure dei tetti. Le meno fatiscenti erano costruite con un odoroso legno di un cipresso che il botanico Joseph Hooker dedicherà meritoriamente a FitzRoy qualche anno dopo. Per il capitano i mesi a Chiloé non furono un buon periodo. I turbolenti rapporti con l'ammiragliato lo avevano persino indotto a dimettersi dall'incarico. Gli sbalzi d'umore, e il terrore di cadere nella depressione, gli procurarono l'occasione per alcune epocali sfuriate contro Charles, che saggiamente preferì scendere dalla nave. Qualche settimana dopo, la tempesta emotiva passò e FitzRoy decise di proseguire le rilevazioni della costa sudamericana occidentale tornando a Chiloé.

Mentre in patria fervono le discussioni fra conservatori e progressisti sulle teorie di Thomas Malthus, Darwin dedica molti pensieri – tra una burrasca e il soccorso a qualche naufrago – a questioni antropologiche. Riflette sulle parentele fra le razze umane, a suo avviso discendenti da un unico ceppo. Non si spiegherebbe altrimenti perché «gli indiani sanno raggiungere lo stesso grado di civiltà, per quanto basso possa essere, dei loro conquistatori». Dunque, prevale la natura o la cultura? Qualunque sia la risposta, per Darwin

la schiavitù è disumana: «le autorità cilene stanno compiendo un atto di giustizia indennizzando questi poveri indiani e dando a ogni uomo, secondo la sua condizione, una certa porzione di terra». Riforme agrarie in America Latina, tema antico e già darwiniano.

In compenso la flora e la fauna non umana – fra lontre abbondanti (allora) e branchi di foche maleodoranti – sono ricche e interessanti. Non sappiamo però se la volpe del luogo, interpellata, avrebbe accolto di buon grado il nomignolo di «volpe di Darwin». Durante un'ispezione sull'isola di San Pedro per alcune misure con il teodolite, Darwin ne scorge un esemplare seduto su una roccia. La poverina è talmente distratta dai bizzarri visitatori bipedi che il naturalista riesce a girarle silenziosamente alle spalle e ad assestarle un preciso colpo in testa con il martello da geologo. Non avvertiamo sensi di colpa animalisti, semmai un leggero compiacimento per la mira, nel commento: «Questa volpe, più curiosa o più scienziata, ma meno saggia della generalità delle sue sorelle, è ora imbalsamata nel museo della Società Zoologica».

Animali e piante concedono però a Darwin anche spunti pre-evoluzionistici. Ragionando sulle disomogenea distribuzione di una specie di piccolo topo nella costellazione di isolette delle Chonos, si interroga sulle modalità contingenti (abbassamenti del livello del mare? Prede disperse dai rapaci?) di colonizzazione degli arcipelaghi: un tema che era già apparso alla sua mente sulle isole Falkland e che affiancherà poi alla fauna delle Galápagos. Gli uccelli della foresta lo colpiscono per le stranezze dei canti. Uno sembra quasi abbaiare e un altro, il cheucau, emette versi che suscitano le preoccupazioni superstiziose degli abitanti di Chiloé: alcuni sono di buon augurio, altri infausti. Ma lo scienziato è scettico: «A Chiloé si sono certamente scelti una ben comica creaturina come oracolo!».

Non dimentica il problema dell'estinzione dei grandi mammiferi che aveva dissotterrato in Patagonia e delle loro relazioni complesse con le specie attuali, che in parte sono somiglianti e in parte differenti (che relazione c'è fra l'armadillo di oggi e il gigantesco gliptodonte corazzato di un tempo?). Ma si lascia ingannare dalla metafora degli innesti dei meli, di cui Chiloé traboccava. Forse anche le specie animali sbocciano l'una dall'altra come le piante e per questo si estinguono tutte insieme, ipotizza. È una falsa pista, ma su un terreno fertile. In fondo, commenta Darwin, «i limiti della conoscenza umana in ogni campo hanno un grande interesse, che è forse aumentato dalla loro stretta vicinanza al regno dell'immaginazione».

7. L'instabilità della Terra

Mentre il Beagle risale verso nord lungo la costa cilena, lottando contro le onde di «un Oceano che è tutto fuorché Pacifico», Charles Darwin sente sempre più forte il richiamo della geologia, «un interesse che non può venir meno». Quando sorelle ed ex-fidanzata lo invitano, in accorate e pressanti lettere dall'Inghilterra, ad affrettare il rientro per assaporare finalmente insieme a loro la tranquilla vita campagnola dell'ecclesiastico naturalista, la sua mente è interamente assorbita dalle imponenti trasformazioni della superficie terrestre di cui è testimone. Scorrendo le sue note di viaggio nei giorni in cui cavalca alle estreme propaggini meridionali del deserto di Atacama – descrivendo i cieli sempre sgombri di nuvole, l'aria rarefatta, il freddo pungente dell'inverno australe, il vento implacabile – capiamo come la geologia sia stato il vero brodo di coltura della teoria dell'evoluzione. Solo la geologia gli offriva, nei confronti del mondo naturale, «le stesse idee sublimi che l'Astronomia ci dà dell'universo».

Le catene andine, con i loro fossili marini incastonati nei recessi più impensabili a più di 4000 metri di altitudine, gli avevano offerto beatitudini quasi spirituali. A parte i condor e poche altre forme di vita amanti dell'estremo, si sente avvolto da un ipnotico paesaggio di masse inanimate: «L'atmosfera splendidamente limpida, il cielo di un azzurro intenso, le vallate profonde, i profili selvaggi e spezzati, le rovine accumulate dalle ere geologiche, le rocce dai colori vivaci che contrastavano con la quiete delle montagne di neve: tutto questo contribuiva a uno spettacolo che non avrei mai potuto immaginare. Ero felice di essere solo, come quando si contempla un temporale o si ascolta il coro del Messia accompagnato dall'intera orchestra».

Le dure escursioni a cavallo sulle Ande cilene gli avevano restituito un'ammirazione sconfinata per le «forze stupefacenti che hanno sollevato queste montagne, come pure per il tempo infinito richiesto per romperne, trasportarne e livellarne masse intere». Si arrovellò a lungo, sfogliando il primo volume dei *Principles of Geology* di Charles Lyell in cabina, sull'apparente paradosso di questa potenza smisurata che agisce impercettibilmente per eoni di tempo. L'«attualismo» di Lyell, la visione secondo cui i resti geologici risalenti al lontano passato dovevano essere spiegati facendo riferimento ai lenti processi geologici in atto nel presente e direttamente osservabili, cominciò a influenzare Darwin e a diventare una metodologia di riferimento. Mentre si trovava in Sud America, ricevette il secondo volume, in cui Lyell respingeva puntigliosamente le idee di Lamarck sull'evoluzione organica in quanto troppo speculative, benché proprio il francese avesse difeso nella sua *Hydrogéologie* del 1802 principi gradualistici. Portando a mare, a dorso di mulo, frammenti di cirripedi e conchiglie

fossili, si convince che la cordigliera è il prodotto di ripetuti sollevamenti e inabissamenti della crosta terrestre, accompagnati da eruzioni vulcaniche e depositi sedimentari, gli stessi processi che hanno impregnato di silice e carbonato di calcio i tronchi di araucaria della foresta pietrificata di Uspallata, uno spettacolo commovente di «colonne nivee come la moglie di Lot», che ripagò ampiamente la fatica di 24 giorni di cammino fra miniere, strapiombi e deserti d'alta quota.

Darwin sente il pianeta come un animale in movimento, che scrolla di tanto in tanto il suo mantello provocando terremoti, maremoti ed eruzioni vulcaniche, fenomeni intimamente connessi da un'unica logica evolutiva: «il geologo deve abituarsi ogni giorno all'idea che nulla, nemmeno il vento che soffia, è instabile quanto la crosta terrestre». Quando la mattina del 20 febbraio 1835, mentre è sdraiato in un bosco in riva all'oceano a riposarsi, si scatena un violento terremoto che devasta le città cilene di Valdivia e di Concepción, annota sul diario: «un terremoto di questa forza distrugge le nostre concezioni più profonde. La terra, emblema per eccellenza di solidità, si muove sotto i nostri piedi come una crosta sopra un fluido; lo spazio di un secondo determina nella mente una strana sensazione di insicurezza, che ore di riflessione non riuscirebbero a creare». Nei giorni successivi, a parte accertarsi degli effetti del disastro sulle popolazioni, la questione di maggiore interesse sarà proprio capire di quanti centimetri si era sollevato il terreno in seguito al cataclisma. Un banco di molluschi è sollevato di due metri e mezzo rispetto al normale livello di marea. Aveva visto di persona l'intero continente emergere un poco dal mare.

Fra questi suoi primi «geologici castelli in aria», come li chiamerà con falsa modestia qualche anno dopo, troviamo intuizioni anticipatrici di grande interesse – come la teoria della formazione degli atolli corallini per subsidenza e alcuni spunti che precorrono in qualche modo la tettonica a placche – ma soprattutto apprezziamo quanto sia stata importante per la nascita della teoria dell'evoluzione la comprensione da parte di Darwin delle relazioni fra i cambiamenti geologici della crosta terrestre e la distribuzione geografica degli organismi. Anche a parità di clima, latitudine e tipologia di terreno, cordigliere, catene montuose e bracci di mare diventano per lui barriere naturali che separano differenti areali di distribuzione di flore e faune, contribuendo alla diversificazione delle specie. L'invincibile potenza dinamica della natura, moltiplicata per un tempo quasi inimmaginabile: ecco il paesaggio di sfondo dell'evoluzione, il modello di gradualità uniforme che poi Darwin estenderà al mondo vivente. Al confronto, l'uomo spicca per la «dolorosa e umiliante» vulnerabilità, bipede indifeso che cammina sopra masse incandescenti di roccia fusa,

figlio anch'egli, a modo suo, del rapporto viscerale che lega un pianeta alla vita che lo abita.

8. *Le Galápagos e il mito dell'illuminazione*

È all'insegna dell'ospitalità anche l'approdo che più di ogni altro è diventato emblema del viaggio darwiniano nell'immaginario collettivo. Le aspre descrizioni che FitzRoy e Darwin consegnano ai giornali di bordo quando il 15 settembre 1835 sbarcano per la prima volta sull'arcipelago – ultima tappa sudamericana dopo tre anni e mezzo di navigazione ed esplorazione – richiamano, più che un paradiso naturalistico, un inferno dantesco. Di fronte all'isola di Chatham (San Cristóbal) lo sguardo del capitano si poggia su un paesaggio degno di una bolgia di Hieronymus Bosch: «Siamo approdati su neri, funerei cumuli di lava che formano un lido adatto all'inferno di Milton. Innumerevoli granchi e orrende iguane presero a schizzare in tutte le direzioni mentre arrancavamo su questi neri sassi spezzati». L'ospitalità delle distese di lava solidificata, di tufo e di ciminiere carbonizzate è il tratto prevalente anche nelle note di Darwin, che associa queste «isole roventi» – punteggiate di coni vulcanici spenti che gli ricordano «le fornaci delle ferriere presso Wolverhampton» – all'immagine «che potremmo farci delle parti coltivate delle regioni infernali».

La peculiare biodiversità di questo mondo nuovo e remoto, così primordiale nel suo titanico scontro fra vulcano e oceano – con margherite colossali tipiche di ogni isola e cactus grandi come alberi, otarie distese al sole, piccoli pinguini guizzanti tra le onde, cormorani atterri che pescano polpi tra gli scogli, sontuosi albatros che veleggiano sopra le scogliere –, svelerà i suoi segreti soltanto a posteriori, quando il naturalista rifletterà sulle proprie osservazioni durante il viaggio di ritorno e nel corso dei primi anni di studio in madrepatria. A onor del vero, saranno risolutive per Darwin le analisi che altri specialisti, al rientro, compiranno sui suoi preziosi, anche se non sempre perfetti, reperti. Le cronache delle cinque settimane passate alle Galápagos sfatano dunque, in modo piuttosto irriverente, il «mito dell'illuminazione» che spesso troviamo nelle leggende che popolano l'iconografia darwiniana. L'idea che il giovanotto inglese sia arrivato in questo angolo di terra e la visione di testuggini, iguane, pesci e fringuelli gli abbia immediatamente regalato l'intuizione geniale circa l'evoluzione per selezione naturale, a cui nessuno aveva mai pensato prima, è assai lontana dalla realtà. L'approdo alle Galápagos gli sembra più che altro paragonabile allo sbarco su un pianeta sconosciuto: «perfino le piante emanano un profumo sgradevole».

La mente di Darwin è ancora avvinta alle meraviglie del continente sudamericano e pondera ogni forma vivente per differenza rispetto a quel «centro di creazione». Non si accorge all'inizio che le iguane marine mangiatrici di alghe, che si rosolano placidamente al sole,

sono tipiche delle Galápagos e non di tutto il Sudamerica. Osservando meglio le iguane terrestri e le loro abitudini erbivore si convince che si tratta invece di un genere caratteristico dell'arcipelago. Le sule e altri animali, ignari di cosa potesse essere un predatore da quando i loro antenati avevano colonizzato l'arcipelago, si lasciavano tranquillamente catturare. Diciotto testuggini giganti furono caricate a bordo del Beagle, come rifornimento di carne fresca per la traversata oceanica. Era una pratica corrente per balenieri e bucanieri di passaggio. Il governatore della colonia penale di stanza sull'isola di Charles (Floreana), l'inglese Nicholas Lawson, sfamava i suoi uomini, e i circa duecento deportati in esilio posti sotto la sua sorveglianza, principalmente con le carni dell'imponente rettile che vagava per i sentieri delle isole triturando cactus. Narrava di averne catturati più di duecento al giorno, un tempo, ma ora lamentava il fatto che la preziosa risorsa di cibo stesse cominciando a scarseggiare. Inaugurando una tradizione di fosche previsioni di estinzione, poi confermate, l'ufficiale disse ai visitatori che con quel ritmo di consumo le testuggini si sarebbero esaurite nel giro di vent'anni. Si sbagliò di poco: sulla sua isola scomparvero alla fine dell'Ottocento. Le corazze vuote erano disseminate ovunque, fungendo talvolta tristemente da vaso da fiori.

Un indizio avrebbe potuto attrarre Darwin riguardo alle testuggini: le differenze nella conformazione dello scudo e del collo da isola a isola. Gli abitanti erano certi che ogni isola fosse rappresentata da un tipo particolare di testuggine, riconoscibile da alcuni tratti distintivi esterni «lievi e sistematici», tanto che Lawson si vantava di poter indovinare la provenienza di ogni animale con una sola occhiata. Il caso volle però che Darwin, incuriosito da questi racconti, comparasse le due forme forse più simili, quella dell'isola di Chatham (San Cristóbal), la prima toccata dal Beagle in ordine di tempo, e quella dell'isola più settentrionale di James (Santiago), dove l'equipaggio ne cucinò alcune friggendone la carne nel loro stesso grasso giallognolo secondo un'antica ricetta piratesca. Sarà stato per l'aver scelto la coppia di comparazione sbagliata, o per la tendenza a mangiarsi voracemente per cena le prove empiriche migliori dell'evoluzione biologica, fatto sta che Darwin si convinse del carattere alquanto esagerato delle dicerie riguardanti le differenze fra i rettili da isola a isola.

Gli sembrano invece più interessanti gli uccelli mimi, che lo accolgono simpaticamente beccandogli le scarpe e che lui subito associa ai loro parenti cileni, benché il canto e la morfologia appaiano leggermente diversi. Decide quindi saggiamente di raccoglierne esemplari da quattro isole diverse, tenendoli ben distinti e catalogandone con precisione la provenienza. Per il resto, la sparuta

flora è decisamente sudamericana, gli alberi non attirano la sua attenzione anche se gli erano state segnalate alcune differenze esistenti fra isola e isola, capisce che le acque sono ricche di nutrienti perché brulicano di pesci sconosciuti, mentre gli insetti gli sembrano stranamente scarsi.

Anche i mitici fringuelli non furono un amore a prima vista. Li osservò, sotto un caldo torrido, mentre si accalcavano a bere vicino alle rare pozzanghere di acqua piovana dell'isola di Albemarle (Isabela), ma non notò differenze significative come nei mimi. Li vide cibarsi tutti insieme, in nugoli confusi. Il piumaggio pareva sempre lo stesso, con variazioni forse connesse al sesso. Darwin ipotizzò che i maschi più anziani fossero scuri e le femmine marroni, ma quando altri membri dell'equipaggio trovarono alcune femmine nere non si raccapizzò più e rinunciò all'idea di poter trovare un buon schema esplicativo per render conto dell'irregolare diversità delle specie dei fringillidi isolani. Si pentirà quindi amaramente di aver portato sul Beagle soltanto sei tipi apparenti di fringuello, raccolti su tre isole diverse, senza etichettarne esattamente l'origine geografica e anzi mescolando erroneamente gli esemplari di due delle tre isole. Il senno di poi gli mostrerà quanto fossero importanti quei piccoli uccelli dal becco tanto variegato e talvolta così corto e robusto, e così diverso da quelli continentali, perché, noterà Darwin, adattato a beccare non morbidi frutti né insetti ma semi coriacei conficcati nel terreno lavico.

Nulla meglio del passaggio di Darwin alle Galápagos mostra come nella scienza le prove non si presentino nude e verginali al loro scopritore. Non avendo a disposizione una struttura interpretativa adeguata, ciò che virtualmente è l'evidenza di una nuova grande teoria appare a prima vista come un disordinato insieme di fatti curiosi, di stranezze naturalistiche associate a scenari geologici ottimamente descritti. Il talento di Darwin è però quello di non rimuovere gli indizi stravaganti, di curare con grande perizia le osservazioni sul campo, di rimuginare meticolosamente su di esse, di provare a reinterpretarle a più riprese e di compararle con altre.

Quando la prua del Beagle lasciò l'arcipelago il 20 ottobre 1835 puntando risolutamente verso Tahiti, Darwin aveva con sé più interrogativi che soluzioni. Si era fatto l'idea che l'arcipelago fosse stato colonizzato sicuramente da forme sudamericane, ma restava da spiegare nel dettaglio l'interessante diversità degli uccelli mimi e di altre specie che variavano da isola a isola. Ripensando alle piante e agli animali così diversi da quelli di altri arcipelaghi, la proliferante diversità locale delle specie lo convinceva sempre più dell'inadeguatezza dell'ipotesi creazionista. Perché un Dio onnipotente avrebbe dovuto rincorrere una per una la creazione di specie così diverse in ogni angolo del mondo? Nelle «note ornitologiche» stilate a

bordo in quelle settimane, compaiono le prime osservazioni di stampo esplicitamente evoluzionistico: gli uccelli mimi sono divisi in «due o tre varietà» e ciascuna varietà è «costante nella propria isola»; ma forse potrebbero essere «varietà» che si apprestano a diventare «specie». Specie incipienti: ci sta pensando. La chiave è nella zoologia degli arcipelaghi. Forse lo stesso vale per le testuggini, aggiunge, o forse si tratta al contrario di un'anomalia in un quadro di generale uniformità. Soppesa ipotesi alternative. Le riscritture del 1839 e del 1845 del suo *Journal of Researches* conterranno altre interpretazioni della biodiversità delle Galápagos. È l'inizio di un «lungo ragionamento» che lo porterà lontano.

9. Più domande che risposte

Nel frattempo – mentre ripensa a quanto ha osservato e si accorge di quale distanza separa la confutazione di una vecchia idea fallimentare dalla costruzione di una teoria alternativa – gli abitanti non umani dell'arcipelago vulcanico gli fanno compagnia sotto forma sia di esemplari tassonomici sia di cibo quotidiano. Per quanto concerne la prima categoria, ha catturato uccelli mimi, fringuelli in ordine sparso, uno scricciolo, alcuni itteri e frosoni. Ha raccolto tutte le piante da fiore che ha trovato, per darle a Henslow. Riguardo alla seconda categoria, cioè le provviste per la traversata del Pacifico, oltre che di ortaggi e maiali il Beagle pullula di iguane terrestri, di tartarughe da fare in brodo, di alcune decine di testuggini e dei loro prodotti derivati (soprattutto il pregiato e limpido olio).

Fra queste ultime Darwin decide di salvare almeno due giovani esemplari, uno per sé e uno per il suo aiutante Syms Covington. I cuccioli sbarcheranno in Inghilterra nel 1836 e la loro proverbiale longevità farà sì che rimarranno a lungo, nel Novecento, gli ultimi esseri in vita ad aver convissuto fisicamente con il grande naturalista inglese. Le altre testuggini, una ad una, terminano la loro esistenza in pentola o sotto sale e le preziose prove evoluzionistiche racchiuse nelle diverse conformazioni della loro corazza finiscono in fondo all'oceano, gettate fuori bordo dal cuoco sotto lo sguardo indifferente dell'equipaggio, Darwin compreso. Del resto, nel diario di viaggio di quei giorni l'aggettivo che più viene usato per descrivere il mondo giovane, selvaggio e strano delle Galápagos è «inutile».

Avrà tempo per cambiare completamente idea. L'enigmatica distribuzione di piante e animali nel Sud America e nelle Galápagos porterà infatti Darwin a interrogarsi sul modo in cui le specie hanno avuto origine. Se ogni essere, animale o vegetale, era stato creato per corrispondere al suo habitat, perché in ambienti simili non comparivano le stesse specie? Perché creare lo struzzo in Africa e un altro uccello corridore, il nandù, in America? E perché, all'interno di ciascun continente, vi erano così tante varianti? Un nandù avrebbe potuto bastare per l'America meridionale, eppure ne esistevano due specie distinte, in due regioni confinanti separate da un fiume. Quando ritornò in Inghilterra e iniziò a esaminare seriamente la questione dell'origine delle specie, la distribuzione geografica gli avrebbe fornito alcune delle prove più persuasive. Lo schema di separazione geografica da lui osservato corrispondeva esattamente a quello che sarebbe stato logico aspettarsi se nuove specie si fossero evolute da quelle esistenti.

Senza mai citarlo nei diari di bordo, sta accarezzando il concetto di trasmutazione. A Bahia Blanca in Patagonia, oltre a cercare nandù e

cavie (viventi ed estinte), aveva raccolto esemplari di un grosso serpente molto velenoso, il «ferro di lancia» (*Bothrops alternatus*). Scrisse a Henslow che la coda dell'animale aveva una punta terminale dura, che segnava il «passaggio» tra la coda morbida delle vipere europee e gli anelli cornei dei serpenti a sonagli americani. Darwin aveva imparato a fare attenzione a questi legami anatomici tra specie «affini» quando lavorava con Grant a Edimburgo. In sostanza, sta prefigurando l'esistenza di «forme di transizione» tra gruppi di animali, attuali o estinti.

In Australia è affascinato dalle unicità dei marsupiali e si interroga nuovamente sulle ragioni della comparsa di una schiera di mammiferi così diversi su un continente isolato. Durante la traversata dell'Oceano Indiano l'attenzione sembra però scemare, a tutto vantaggio della crescente nostalgia di casa e dell'insofferenza per il mal di mare. Quando finalmente sbarca a Falmouth, il 2 ottobre del 1836, è un uomo cambiato. È partito con una concezione del mondo ed è tornato con una completamente nuova, per quanto ancora incerta, che contempla esplicitamente la trasformazione dei viventi, la loro parentela storica e il loro adeguarsi alle mutevoli circostanze ambientali. È stato un viaggio di iniziazione, un romanzo di formazione da cui nascerà una rivoluzione scientifica.

Ansioso di far analizzare i suoi reperti, si trasferisce a Londra, dove viene accolto dai maggiori esponenti della comunità scientifica britannica. Rinuncia alla carriera ecclesiastica: ora può fare il naturalista a tempo pieno, pur sempre grazie alle sovvenzioni paterne. Entra nella Geological Society, di cui diventerà segretario, nella Entomological Society, nell'esclusivo Athenaeum Club e poco dopo anche nella Royal Society. Un'ascesa fulminante, e non ha ancora trent'anni. Distribuisce saggiamente i suoi reperti ai migliori esperti dell'epoca, come l'ornitologo John Gould e l'anatomista Richard Owen, e inizia a ricevere da loro i resoconti sul tesoro naturalistico raccolto durante il viaggio, che dividerà in accurate monografie. Grazie agli occhi degli altri, capirà davvero che cosa ha scoperto durante il viaggio. Oltre al suo «Giornale di ricerche», che diventerà l'acclamato *Viaggio di un naturalista intorno al mondo* (prima edizione nel 1839, seconda nel 1845 e definitiva nel 1860), scrive i suoi primi articoli scientifici, di argomento geologico: sull'innalzamento delle coste del Cile e sulle barriere coralline, di cui aveva capito il meccanismo di formazione, per abbassamento del suolo marino, osservando le isole Cocos nell'Oceano Indiano orientale.

Non è consapevole di essere in procinto di costruire una teoria che cambierà per sempre il modo di concepire la natura. In pochi mesi, però, scrivendo i suoi pensieri giorno per giorno, segretamente, su piccoli taccuini tascabili, innalza un'architettura di idee che porterà

per la prima volta uno scienziato a comprendere non soltanto la realtà dell'evoluzione biologica, ma anche il suo meccanismo fondamentale. È l'inizio del secondo viaggio, il viaggio mentale della scoperta.

2. I taccuini giovanili: una rivoluzione scientifica vista dall'interno

Il periodo di stesura dei Taccuini va dal 1836 al 1844 e corrisponde alla fase di massima diversificazione iniziale degli interessi di Darwin, che non amò mai particolarmente gli steccati disciplinari. La sua curiosità enciclopedica spaziava fra campi disparati che da lì a qualche decennio diventeranno dominio di competenze settoriali. Il *Red Notebook* viene inaugurato da Darwin già a bordo del Beagle nella primavera del 1836 e compilato in viaggio nell'Atlantico fino a p. 112. Inizia a consultare voracemente libri di ogni genere. Mentre il giovane naturalista dà avvio alle fitte trame delle corrispondenze epistolari che coltiverà per tutta la vita, i Taccuini si riempiono di ipotesi eclettiche e di speculazioni in un clima di grande fervore. Darwin sente il bisogno di mettere ordine alle osservazioni da buon «induttivista baconiano», come si definirà non senza qualche civetteria nell'*Autobiografia*.

1. Un inizio saltazionista

Le prime osservazioni del Taccuino Rosso fanno intravedere quale sarà lo scenario maestoso dentro il quale nasce la teoria dell'evoluzione: le trasformazioni incessanti della superficie instabile del pianeta e la geologia come modello di scienza rigorosa (p. 72 dell'originale)^[1], perché capace di applicare i suoi schemi semplici al mondo intero (p. 18). Confrontandosi senza troppi timori reverenziali con le ipotesi degli studiosi più accreditati dell'epoca, discute dell'azione dei vulcani, di innalzamenti di montagne, di terremoti, tsunami e linee di costa, di fossili in cima alla cordigliera andina, di atolli corallini, con qualche fugace accenno ai fossili di mastodonti sudamericani estinti e alle strane distribuzioni geografiche di piante e animali sulle isole. Sotto l'influenza ormai esplicita dell'«attualismo» di Charles Lyell, è colpito dagli effetti grandiosi che possono essere prodotti dall'azione cumulativa delle stesse cause nel corso dei lunghi lassi di tempo della storia geologica della Terra.

Ma poi a p. 127 l'argomentazione vira di netto e prende a discutere delle zone di sovrapposizione di due specie di nandù argentine: «il cambiamento non è progressivo; prodotto d'un colpo, se una specie alterata». È il momento cruciale in cui l'ornitologo John Gould, a gennaio e poi a marzo del 1837, rivela alle riunioni della Zoological Society di Londra che l'uccello simile allo struzzo, osservato nella Patagonia meridionale, a sud del Rio Negro, e catalogato come una varietà geografica, è in realtà una specie a parte (battezzata in quella stessa sede, con grande orgoglio di Darwin, *Rhea darwinii*).

Nelle settimane seguenti arriveranno da Gould dati analoghi per gli uccelli mimi (tre specie distinte, su isole differenti) e soprattutto per i fringuelli delle Galápagos, di cui Darwin aveva sottovalutato la diversità di specie durante il soggiorno di cinque settimane nell'arcipelago, tanto da non etichettarli con l'indicazione dell'isola di provenienza. Ora il collega ornitologo gli stava spiegando che dalle Galápagos aveva riportato in patria non un'accozzaglia di fringuelli maschi e femmine, insieme a frisoni e scriccioli come pensava, bensì dodici o tredici specie di fringuelli, nessuna delle quali mai classificata prima. Perché così tante forme, in gran parte simili ma per certi aspetti (il becco, il piumaggio, le stazze) differenti, distribuite in territori limitrofi? Perché in Patagonia la presenza di un fiume distingue due specie di nandù, uno più grosso a nord e uno più piccolo a sud? Perché tutta questa diversità negli arcipelaghi, da un'isola all'altra?

È il minuscolo, determinante indizio che induce Darwin a una connessione di idee dalla quale comincia la costruzione della teoria. Il naturalista getta un ponte fra lo spazio e il tempo. Alle pp. 129 e 130

del Taccuino Rosso associa la successione nel tempo alla sostituzione nello spazio: «Lo stesso tipo di relazione che il nandù comune ha con il petisse [...] il guanaco estinto lo ha con quello recente: nel primo caso la relazione essendo la posizione, nel secondo il tempo». Capisce cioè che l'avvicinarsi delle specie nei rispettivi territori deve avere qualcosa in comune con le loro relazioni nel tempo. Ma perché esistono specie diverse in territori così simili e per di più limitrofi? Se non è dovuto al mutare delle circostanze ambientali, sarà per una distinzione interna delle specie, come fra due individui.

Nello stesso passo introduce il concetto peculiare di *inosculation*: specie distinte si avvicinano l'un l'altra con continuità ma senza fondersi, sia nello spazio sia nel tempo, come un confluire di forme discrete che si sfiorano ma non si confondono, come due membrane che entrano in contatto restando però distinte. Ciò significa che «non [c'è] un cambiamento graduale»: «se una specie si trasforma invero in un'altra deve essere per saltum», «l'inosculazione da sola non mostra gradazione». Si tratta di un passo sorprendente, quasi disorientante, sapendo quanto il naturalista inglese sarà legato a una visione gradualista dell'evoluzione e all'idea che le specie si trasformino nel corso del tempo attraverso piccoli passi impercettibili.

L'assunzione esattamente contraria, cioè che *natura non facit saltum*, sarà uno dei pilastri della sua impostazione matura, un postulato tanto rigido da indurre persino alcuni dei suoi colleghi più fedeli a ritenerlo troppo vincolante rispetto alla realtà della documentazione paleontologica. Eppure, i motivi per cui Darwin si avventura in questa prima ipotesi non gradualista sono tanto interessanti quanto i motivi per i quali poi cambierà diametralmente idea. L'analogia fra spazio e tempo lo induce infatti a considerare le specie quali entità discrete, come l'evidenza immediata della distribuzione degli animali sugli arcipelaghi visitati dal Beagle gli aveva suggerito. Ma perché allora una specie si estingue (il guanaco, per esempio) se la geologia ci dice che l'ambiente nel frattempo non è cambiato molto? Forse le specie nascono, vivono e muoiono per cause naturali interne, ciclicamente, come gli individui. A p. 133 lavora proprio a un parallelo fra specie e singolo organismo: «L'estinzione delle specie non sorprende di più dell'estinzione del singolo».

Darwin mutua questa analogia fra specie e individui (a p. 22 del Taccuino B scriverà: «Nella morte delle specie non c'è nulla di più strano rispetto a quella dei singoli individui») dal geologo italiano Giambattista Brocchi, di cui conosceva le tesi circa la longevità innata delle specie perché citate e contestate nel volume secondo dei *Principles of Geology* di Charles Lyell, che legge durante il viaggio sul Beagle (Pancaldi, 1983; Eldredge, 2006). Poco prima (Taccuino Rosso, p. 129) aveva scritto: sono «tentato di credere animali creati per un

tempo definito, e non estinti dal mutamento delle circostanze».

Riflette sulla moltiplicazione delle specie intese come individui: «perché due delle specie più strettamente affini dovrebbero trovarsi nella stessa regione?». E poi si lancia nell'ipotesi: «ci si sente spinti a cercare un antenato comune?» (p. 153). Sa porsi le domande giuste, più che dare le risposte corrette. È vicinissimo all'idea che le specie non si succedano una a una, ma che da un'origine comune possa discendere una pluralità di percorsi evolutivi «cugini». La derivazione da un ceppo comune può spiegare la presenza di specie diverse in zone adiacenti. Le due classi di dati empirici da cui la teoria prese avvio furono dunque la paleontologia (i fossili), da un lato, e la biogeografia (la distribuzione delle specie negli ecosistemi), dall'altro: il tempo lungo e lo spazio geografico, insieme. Ancora oggi, molto tempo dopo quel 1837, tempo e spazio sono le due coordinate indispensabili per tracciare gli scenari evoluzionistici.

In questa fase il suo occhio è fedele ai dati osservativi in quanto tali, che vuole rendere coerenti attraverso generalizzazioni. Sembra lasciarsi pervadere da ciò che ha visto, con un'attitudine ricettiva e descrittiva. Darwin sta entrando in quello che ancora oggi è il cuore della spiegazione evoluzionistica e uno dei grandi temi della filosofia della biologia. Si interroga cioè su come tenere insieme il continuo e il discreto, in altri termini la trasmutazione di una specie nell'altra senza soluzioni di continuità ma anche l'evidente distinzione fra specie diverse, sia nello spazio (con variazioni geografiche continue, e tuttavia specie distinte) sia nel tempo (con specie estinte, specie discendenti simili e non sempre gradi intermedi di transizione fra l'una e l'altra). Le specie appaiono come entità discrete, eppure evolvono continuativamente l'una nell'altra e sono imparentate fra loro. Per risolvere il dilemma il naturalista inglese mette allora insieme, giustamente, il problema della sostituzione geografica e quello della successione temporale, ipotizzando che siano due «pattern» (cioè schemi di fenomeni e di eventi che si ripetono) prodotti dalle stesse cause naturali, cioè la discendenza comune.

Quando gli studiosi presero fra le mani il Taccuino Rosso trovarono una di quelle tracce misteriose che possono far nascere infinite diatribe fra gli storici. Si scoprì che Darwin rilesse questi suoi primi vagiti da naturalista molti anni dopo e ne eliminò alcune parti, poi recuperate nell'edizione critica inglese del 1987. Non solo, sul retro del Taccuino Rosso scrisse, a larghe lettere e con calligrafia matura: «nulla di utile per alcuno scopo» (*Nothing For any Purpose*). Un atto di modestia o qualcosa di più? Forse è il segno che alcuni decenni dopo le sue idee saranno molto diverse. Non certo per la cruda demolizione del creazionismo, ma per quei passaggi «saltazionisti» che riletti a distanza di qualche anno lo avranno messo in imbarazzo o fatto

quantomeno sorridere. Qualche recondita ragione lo convince però, nonostante tutto, a non buttare i suoi fogli di lavoro nel camino. Anche dei suoi appunti coevi sul senso morale dirà che sono «vecchie e inutili note», ma le conserverà. È una fortuna, perché quell'autocensura si rivelerà alquanto esagerata: nei Taccuini sono contenuti spunti – circa il carattere discreto delle specie, il ruolo dell'isolamento geografico e le transizioni non sempre lente e gradualistiche sul lungo periodo – che si riveleranno fecondi addirittura mezzo secolo dopo la scomparsa del loro autore. Il continuismo rimarrà, altresì, uno dei capisaldi della concezione evoluzionistica, ma una sua interpretazione gradualistica troppo rigida finirà per sottostimare alcuni processi di cambiamento, più rapidi, pur presenti in natura.

2. Le specie come entità discrete

Il quadernetto che Darwin inizia dopo il *Red Notebook*, chiuso nel giugno del 1837, viene da lui indicato come il primo dei «taccuini sulla trasmutazione», dove per trasmutazione potremmo intendere non soltanto quella delle specie ma anche quella dell'autore, che attraversa una metamorfosi radicale nel modo di concepire le relazioni fra gli esseri viventi. Gli anni di vita londinese che precedono il ritiro a Down House nel Kent – dove Darwin resterà dal 1842 fino alla morte – sono senz'altro i più febbrili della sua carriera, tra i frizzanti ricevimenti di Charles Babbage, l'enciclopedico matematico precursore delle macchine calcolatrici, e animate discussioni salottiere. Ora è un giovane e benestante naturalista al centro della vita dei circoli scientifici che contano. È interessante notare che Darwin costruì la sua intera carriera accademica, fino ai cinquant'anni, senza avere ancora pubblicato *L'origine delle specie* (Desmond, Moore, 2009). Parallelamente lavora a scritti geologici specialistici, che pure si riveleranno innovativi, sulla struttura delle barriere coralline (di cui intuisce l'origine per subsidenza di isole vulcaniche) e sulle isole vulcaniche stesse, che lo avevano così affascinato durante il viaggio. Prosegue lo studio delle collezioni che aveva spedito in patria e coordina la pubblicazione, dal 1838 al 1843, di una serie di cinque monografie sulla «zoologia del viaggio del Beagle», affidate rispettivamente a Richard Owen per i mammiferi fossili, a John Gould per gli uccelli, a George R. Waterhouse per i mammiferi viventi, a Leonard Jenyns per i pesci e a Thomas Bell per i rettili.

Ma non basta. C'è quella storia dell'«antenato comune», quel seme evoluzionista gettato nel Taccuino Rosso. Comincia a intuire che la discendenza comune è una buona descrizione, sintetica e potente, degli schemi osservativi che ha individuato. Darwin consulta la letteratura, trova conferme di schemi di sostituzione geografica analoga a quella dei nandù. In alcuni casi si sbaglia: il *Toxodon* non era un antenato del capibara né *Macrauchenia* lo era del lama, come aveva ipotizzato Owen. Ironia della storia: a posteriori sappiamo che due casi su quattro fra i primi utilizzati non erano corretti, ma che la generalizzazione era giusta. Sullo sfondo si staglia la grande controversia dell'epoca che divideva i paleontologi: quella fra la visione catastrofista e discontinuista della storia naturale di George Cuvier e la visione uniformista di Lyell, sempre più amico e mentore di Darwin. Sarà ancora la Terra a occupare infatti il Taccuino A, cominciato a metà del 1837 e chiuso alla fine del 1839: vulcani, terremoti, sollevamenti della crosta, origine delle catene montuose e degli atolli corallini; insomma, materia in movimento nel «tempo profondo» del pianeta. È il brodo di coltura geologico in cui germina

la teoria dell'evoluzione (Chiesura, 2002).

Negli stessi mesi, a partire dal luglio del 1837, inizia il faticoso Taccuino B. È un susseguirsi di spunti così tumultuoso da occupare le 280 pagine del quadernetto in sei mesi soltanto. Le prime 36 sono dedicate a una schedatura della *Zoonomia*, l'opera del nonno Erasmus sulla «generazione». Il nipote vi fa ritorno dopo alcuni anni e la sfrutta come mappa ideale, ancorché speculativa e immaginifica, per disporre sul tappeto le domande cruciali a cui deve rispondere una concezione trasmutazionale della natura. Rilegge le sue prime note zoologiche e i vecchi appunti di Edimburgo sui briozoi. È ancora attratto dal dilemma fra la variazione interna e l'apparente stabilità delle specie: «Con questa tendenza a variare per generazione, perché le specie sono costanti su un'intera regione?» (p. 5).

Poco dopo, ragionando sull'apparente mancanza di cambiamenti riscontrati dai paleontologi francesi fra gli animali mummificati dagli antichi egizi e quelli presenti oggi nella stessa regione, focalizza il ruolo dell'isolamento geografico nel creare specie diverse, e lo fa attraverso un ingegnoso esperimento mentale che usa come modello per spiegare la diversificazione delle specie negli arcipelaghi: «I gatti, i cani e gli ibis egiziani sono uguali a quelli d'un tempo; tuttavia, separiamo una coppia e mettiamola su un'isola di recente formazione, è molto dubbio che rimarrebbero costanti [...] Introduciamo una coppia e facciamola riprodurre lentamente, al riparo da molti nemici, così che frequenti siano gli incroci: chi si azzarderà a prevederne il risultato? Secondo questa concezione, gli animali, su isole separate, dovrebbero diventare diversi purché tenuti abbastanza a lungo separati, in condizioni leggermente diverse. Oggi testuggini, uccelli mimi alle Galápagos; volpe alle Falkland, volpe di Chiloé, lepre irlandese e inglese» (pp. 6-7).

È qualcosa di sorprendentemente vicino al processo che un secolo dopo Ernst Mayr definirà «speciazione allopatrica» (Mayr, 1991): la nascita di una nuova specie per separazione geografica di una piccola popolazione che si stacca e va alla deriva rispetto alla specie madre, accumulando differenze fino al punto in cui le due popolazioni non riusciranno più a incrociarsi. In sostanza, una separazione fisica che si traduce in un isolamento riproduttivo. Il senno di poi lo fa sembrare letteralmente geniale, poiché associa l'isolamento geografico a questioni di infertilità degli ibridi e la divisione fisica delle popolazioni alla comparsa di una barriera riproduttiva o «ripugnanza all'incrocio», anticipando persino il concetto moderno di «speciazione ecologica»: «Non appena una specie si forma per separazione o cambiamento in una parte della regione, la ripugnanza nei confronti dell'incrocio la consolida» (p. 24). Finché le varietà si mescolano, le popolazioni non si dividono e non nascono nuove specie (p. 210).

Torna per un momento il concetto di *inosculation* non graduale: «dobbiamo supporre che il cambiamento abbia luogo all'improvviso» (p. 8). Va alla ricerca delle manifestazioni dell'isolamento geografico come fonte di «propagazione di specie». Ragiona sul fatto che «ogni animale abbia la tendenza a cambiare» e dubita che sia corretto definirlo un «progresso» (pp. 16-18, e poi p. 74). È molto critico con Lamarck sia per la sua idea di un aumento progressivo e universale della complessità di organizzazione dei viventi sia per la sua interpretazione delle trasformazioni organiche come nuove abitudini acquisite direttamente dagli animali in risposta all'ambiente ed ereditabili: «I cambiamenti non sono il risultato della volontà dell'animale, ma di una legge dell'adattamento» (p. 21). Allora cosa sono le specie in realtà? «Fra le specie provenienti da regioni moderatamente distanti non esiste altra verifica, per stabilire se sono buone specie, se non la generazione» (p. 212), ovvero l'incrocio. Privilegia insomma l'isolamento, geografico e riproduttivo, alla somiglianza morfologica. Capisce che c'è uno spettro continuo fra sottovarietà geografiche e specie distinte, e che la rottura della fecondità è la prova dirimente della separazione avvenuta.

3. *L'albero e il corallo della vita*

A questo punto le basi sono gettate per il ponte successivo, quello fra la visione ramificata della natura, già nota agli anatomisti dell'epoca, e la sua idea di trasmutazione: «Gli esseri organizzati rappresentano un albero, irregolarmente ramificato, giacché alcuni rami sono di gran lunga più ramificati di altri. Di qui i generi. Tante gemme terminali muoiono, quante ne sono generate di nuove» (p. 21). A p. 36 – divenuta ormai celeberrima icona dei Taccuini – scrive d'un tratto «I think» e disegna l'albero della vita. È il suo primo diagramma evoluzionistico, uno spartiacque teorico. A fianco commenta: «Pertanto fra A e B un'immensa distanza di parentela, fra C e B la gradazione più sottile, fra B e D una distinzione alquanto più grande. Così i generi sarebbero formati, attraverso legami di parentela con i tipi antichi, con diverse forme estinte».

Praticamente troviamo qui, in questa accelerazione teorica dell'autunno del 1837, la parte descrittiva pressoché completa della teoria dell'evoluzione: antenati comuni, speciazioni come ramificazioni, estinzioni, la proporzione diretta fra la differenza morfologica tra due specie e l'antichità del loro antenato comune (a p. 42 leggiamo: «quanto più grandi sono i gruppi tanto maggiori sono le lacune, ovvero le soluzioni di continuità della struttura, tra di essi; fra uccelli e mammiferi vi sarebbe per esempio una grande lacuna, ancora più grande fra vertebrati e articolati, e più grande ancora fra animali e piante»). È la prima predizione su larga scala: se l'ipotesi della trasmutazione è corretta, la storia naturale avrà l'aspetto di un albero genealogico ramificato.

Poco prima, tuttavia, aveva detto fra sé e sé: più che un albero dovremmo chiamarlo «il corallo della vita», perché l'immagine renderebbe meglio sia l'irregolarità delle ramificazioni che si dipartono sia la distinzione fra specie estinte (le parti pietrificate del corallo) e specie viventi: «questo, ancora una volta, contraddice una costante successione di abbozzi in progresso. No, la rende solo eccessivamente complicata» (p. 26). Una teoria scientifica nata dentro un guscio di legno cullato dagli oceani per cinque anni finisce così per attaccarsi, nei recessi dei marginalia darwiniani, a una metafora evoluzionistica dal sapore marino (Bredekamp, 2005).

Quello che non convince Darwin nell'iconografia classica e pre-evoluzionistica dell'albero dei viventi – già neoplatonica, poi in Raimondo Lullo, e quindi negli schemi dei naturalisti settecenteschi, in particolare Buffon – è probabilmente la sua perdurante linearità, la progressione verso l'alto, l'aumento cumulativo del numero di rami, il senso di un'intrinseca gerarchia dei viventi (dai rami portanti ai ramoscelli laterali). Contrappone ad essa perciò, agli esordi,

l'iconografia più irregolare dei coralli, esseri basali – un po' pianta, un po' animale, un po' pietre – così a lungo osservati durante il viaggio con i loro rami proliferanti, la storia congelata negli intrecci delle calcificazioni, le esplorazioni casuali che si aprono a ventaglio in ogni possibile direzione di crescita e di nutrimento. Né scale o catene degli esseri né alberi regolari dunque: per Darwin è il corallo il simbolo del dramma della morte e della sopravvivenza, la sintesi plastica dell'incomprimibile varietà della natura, il modello evolutivo più corretto per rappresentare la contingenza dell'estinzione e della speciazione. Ma, soprattutto, è l'antidoto contro la tentazione di associare l'evoluzione a un progresso che da pochi rami principali conduca quasi necessariamente alla «chioma» delle specie attuali. Ogni ramo per lui ha pari dignità.

È interessante che la metafora del corallo, o «albero irregolarmente ramificato», sorga nella mente di Darwin quando sta ragionando sulla nascita di nuove specie come processi rapidi di «gemmazione» per separazione geografica e isolamento riproduttivo. Più avanti nel Taccuino B aggiunge: «La ragione per cui non c'è una perfetta *gradazione* nel cambiamento delle specie, mentre i cambiamenti fisici sono gradualisti, è questa: se dopo l'isolamento o la separazione ad opera di una catena montuosa, ecc. [...] le specie non si fossero alterate *molto*, si incrocerebbero e così non compirebbero quel passo improvviso: o specie o niente» (p. 209). L'unico diagramma presente nell'*Origine delle specie*, più di vent'anni dopo, sarà ben diverso e illustrerà le ramificazioni dell'albero della vita come processi di divergenza molto più gradualisti e sfumati. Le specie in questa sua prima fase di elaborazione della teoria sono invece paragonabili a individui singoli dotati di un proprio ciclo di vita. Sono entità nettamente discrete: una questione di «tutto o niente».

4. «Qualcosa che potrebbe rivoltare l'intera metafisica»

Con l'idea di «moltiplicazione delle specie» Darwin intuisce in sostanza che il sistema di classificazione di Linneo corrisponde a un ordine di vicinanza e di comparsa nella storia naturale: adesso si potrà ricostruire «una storia orizzontale della Terra in tempi recenti», partendo dalle specie attuali e valutando il loro grado di parentela indietro nel tempo. Pensa di avere fra le mani addirittura un «nuovo sistema della Storia Naturale» (p. 47). Comincia ad affrontare anche il concetto di adattamento, rifiutando l'ipotesi lamarckiana di una reazione diretta dell'animale indotta dall'ambiente e sottolineando la complementarità fra adattamenti funzionali (analogie) ed eredità strutturali (omologie): «La condizione di ogni animale è in parte dovuta all'adattamento e in parte al marchio ereditario» (p. 46), dove il secondo «è di gran lunga l'elemento più importante» per operare le classificazioni (p. 225). È un binomio che tornerà anche nell'*Origine delle specie*, sotto la denominazione di «condizioni di esistenza» esterne (ambientali) e di «unità di tipo» interne (le strutture degli organismi che fanno da vincolo).

Alla luce di questi compromessi fra condizioni ambientali contingenti e piani strutturali ereditati, capisce che perfezione e utilità non sono criteri universali per valutare l'adattamento: «Quando uno vede i capezzoli sul petto di un uomo, non dice che abbiano un qualche uso, ma che il sesso non sia stato determinante. Lo stesso per le ali inutilizzate sotto le elitre di coleotteri, nati da coleotteri con ali e modificati. Se si trattasse di semplice creazione, di certo sarebbero nati senza» (p. 84). La natura è piena di «strutture incomprensibili» (p. 99) e l'attenzione di Darwin comincia a rivolgersi verso le strutture vestigiali, come le ali atrofizzate negli uccelli inetti al volo che aveva incontrato in ogni parte del globo (struzzi, nandù, pinguini, il cormorano attero delle Galápagos, gli apterigidi come il kiwi della Nuova Zelanda).

In quei mesi il catastrofismo di George Cuvier gli appare vieppiù minaccioso, tanto che si sente in dovere di rispondere a un'obiezione: come mai non troviamo forme intermedie? Inizia così il ripensamento a favore della gradualità, mutuato dalla dottrina attualista di Charles Lyell: rinuncia all'idea che le specie transitino l'una nell'altra *per saltum*, fatta eccezione per le famiglie con poche specie, perché le cause che agiscono oggi devono essere le stesse che si sono lentamente accumulate nel passato. Dobbiamo trovare «perfetta gradazione» e «passaggi [...] impercettibili», reclama a se stesso. Si impegna a «citare in dettaglio qualche buon esempio»: sente la necessità di provare il gradualismo per rispondere a Cuvier (p. 85). Si convince che in linea di principio dovrebbero esistere gradazioni perfette, ma che in natura

non sempre si realizzano, dando l'impressione che vi siano lacune. È incerto su come risolvere questo apparente paradosso.

Ora vuole chiaramente evitare che le sue osservazioni sul carattere discreto delle separazioni fra specie vadano a riprova del catastrofismo. A p. 239 immagina due cause che renderebbero difficile trovare gradazioni perfette: nel passato, l'imperfezione della documentazione fossile; nel presente, l'incrocio fra varietà che tende a rimescolare tutto. Sembra tuttavia insoddisfatto e inquieto, sa che gli manca ancora il meccanismo esplicativo centrale. A p. 227 dialoga con se stesso: adesso devo concentrarmi sulle «cause del cambiamento». Il linguaggio cambia: compaiono sempre più frequentemente termini – come «leggi», «cause», «teoria» – connessi all'esigenza di trovare una spiegazione generale di quanto finora osservato, dalla quale poi dedurre nuove interpretazioni.

Su un punto invece ha ormai le idee chiare, anche grazie alla lettura dell'introduzione alla filosofia naturale di John Herschel: le ipotesi creazioniste tradizionali da cui era partito non reggono più. Se il Creatore è causa prima di tutte le cose, deve tuttavia operare per mezzo di leggi naturali, comprese quelle dell'evoluzione. L'ipotesi di una sequenza di piccoli atti di «creazione speciale» per ogni forma vivente in ogni luogo è sempre meno plausibile, «non spiega nulla», proprio come non ha senso, dopo aver scoperto la legge di gravitazione universale, ipotizzare che Dio inseguia ogni pianeta per tenerlo incatenato alla sua orbita: «In passato gli astronomi avrebbero potuto affermare che Dio dispose affinché ciascun pianeta si muovesse seguendo il proprio particolare destino. Allo stesso modo Dio dispone che ciascun animale sia creato con una certa forma in una certa regione; ma quanto più semplice e sublime sarebbe una forza per cui, agendo l'attrazione secondo certe leggi, tali siano le inevitabili conseguenze; essendo creato l'animale, tali saranno i suoi successori secondo le leggi prefissate della generazione» (p. 101). Si sente il Newton della biologia: l'affermazione secondo cui «tutti i mammiferi derivano da un'unica stirpe e furono quindi distribuiti con i mezzi che possiamo riconoscere» ha lo stesso valore epistemologico della forza di gravità nello «spiegare il movimento di tutti i corpi con un'unica legge» (p. 196).

Nuvole minacciose incombono anche sull'antropocentrismo: se i dati sono questi, perché il Creatore avrebbe dovuto operare in un modo così dispendioso? Non potrebbe esistere una spiegazione naturale più semplice? Lo scriveva già nelle *Ornithological Notes*, scritte in viaggio fra il 1835 e il 1836: la zoologia degli arcipelaghi minaccia l'idea di stabilità delle specie. Ma qui i toni si fanno più aspri e l'edificio filosofico della teologia naturale comincia a vacillare: «Il Creatore ha continuato a creare animali con la stessa struttura generale dai tempi

delle formazioni del Cambriano[?] Concezione miserevole e limitata» (p. 216). Il fatto è che adesso ha una buona descrizione alternativa della storia naturale: la propagazione ramificata di specie «cugine» nel grande albero (o corallo) della vita. Si tratta di «qualcosa che potrebbe rivoltare l'intera metafisica», perché significa che l'uomo e gli animali, «compagni, fratelli in dolore, malattia, morte e sofferenza e fame», condividono un antenato comune (p. 232).

5. Tutti legati in un'unica rete

Nel processo di indagine darwiniano appare in tutta la sua importanza il rapporto fra l'accumulo tortuoso delle «scoperte» che il naturalista fa e la sua relazione consapevole con esse. Non basta, insomma, scoprire qualcosa: occorre anche esserne coscienti e rendersi conto di avere fra le mani una spiegazione alternativa rispetto a quelle contenute nella «conoscenza di sfondo». Ora gli manca il motore della diversificazione, la legge del cambiamento. Quella che comincia a chiamare quasi affettuosamente «my theory» (alle pp. 219 e 224 del Taccuino B) e che potrebbe avere una conseguenza piuttosto pericolosa: scoprire che la specie pensante forse non è il fine ultimo della storia naturale.

Del resto, «gli animali – quelli che abbiamo reso nostri schiavi – non ci piace considerarli nostri eguali. I padroni di schiavi non vorrebbero forse attribuire l'uomo negro a un altro genere?» (p. 231)^[2]. Eppure, «animali con affetti, imitazione, paura, dolore, dispiacere per i morti, rispetto». E conclude: «potremmo essere tutti legati in un'unica rete». La «grandiosa» visione della vita che troviamo nella chiusa dell'*Origine delle specie* comincia così a prendere forma in un foglietto: «Quando parliamo degli ordini superiori, dovremmo sempre dire intellettualmente superiori. Ma chi, al cospetto della Terra, ricoperta di splendide savane e foreste, oserebbe dire che l'intelletto è l'unico scopo di questo mondo?» (p. 252).

Di mese in mese fanno il loro ingresso temi nuovi. Da marzo a giugno del 1838 compila il Taccuino C, dove raffina gli schemi osservativi precedenti. Discute delle spedizioni di alcuni esploratori, di adattamento ed ereditarietà dei caratteri, di tipi selvatici e mescolati, dei muli sterili e di altri ibridi, di riproduzione e di separazione dei sessi. Paragona gli adattamenti comportamentali della cucciola di orango di Regent's Park – cui dedicava in quel periodo intense giornate di osservazione – con le abitudini istintuali dei selvaggi incontrati nel corso del viaggio. Pochi anni dopo estenderà il paragone ai propri figli, cominciando dal primogenito William. Comincia a ragionare sulle tecniche degli allevatori inglesi, che gli suggeriranno il ricorso alla selezione artificiale come modello per quella naturale: la domesticazione di piante e animali, attraverso la scelta di opportuni incroci di generazione in generazione (a partire da individui che variano e che trasmettono le loro variazioni), può sortire effetti straordinari di cambiamento sulla morfologia delle specie e delle «razze» (o «varietà»). Qualcosa di simile, ma più lento e senza alcun allevatore cosciente, avviene in natura, diversificando specie e varietà. Ma i dubbi sono ancora numerosi: perché le differenze favorevoli che emergono non finiscono per diluirsi nella popolazione a causa dei

continui incroci? Forse il segreto è ancora l'isolamento geografico, oppure la sterilità che si crea fra gli ibridi derivanti da due forme diverse.

Pochi giorni dopo cita per la prima volta il problema della complessità degli organi, dell'occhio in particolare, una questione che sarà cruciale per la confutazione dell'argomento centrale della teologia naturale di Paley. Darwin mostra nei Taccuini di essere consapevole che la spiegazione degli adattamenti complessi – quelli cioè in cui molte parti «conservano le loro relazioni» contribuendo a un'articolata organizzazione funzionale complessiva (definizione ancora oggi vicina a ciò che i biologi definiscono «complessità») – potrebbe diventare il principale problema della sua concezione: «Potremmo non essere mai in grado di ricostruire i passaggi attraverso i quali l'organizzazione dell'occhio, transitando da uno stadio più semplice a uno più perfetto, conserva le sue relazioni. Il magnifico potere dell'adattamento dato all'organizzazione: questa forse è davvero la più grande difficoltà di tutta la mia teoria» (Taccuino C, p. 175). Il problema di come l'evoluzione possa render conto degli «stadi incipienti» di «organi di estrema complessità e perfezione» (a cosa può servire l'inizio di un'ala o di un occhio?) lo ossessionerà per tutta la carriera, al punto che nella sesta e ultima edizione dell'*Origine delle specie*, nel 1872, aggiungerà le possibili risposte a questa obiezione.

Da luglio a ottobre del 1838 riempie velocemente il Taccuino D, dove si consuma una svolta al contempo scientifica e filosofica. Il 16 agosto seppellisce il creazionismo: «Non è all'altezza della dignità di Colui che si presume abbia detto 'Sia fatta luce' e luce fu immaginare che Egli abbia creato una lunga successione di vili animali molluschi». Sono le stesse giornate estive nella biblioteca dell'Athenaeum Club in cui Darwin decide di iniziare, a parte, la stesura dei Taccuini M e N, i cosiddetti «taccuini metafisici» o diremmo oggi «filosofici» (Attanasio, 2010), dove annota i suoi «castelli in aria» e le ardite speculazioni sull'uomo. Partendo dalle modalità di espressione delle emozioni negli animali e negli esseri umani, allarga la spiegazione trasformista ai comportamenti, agli istinti e alle norme morali degli esseri umani, essendo quindi fin da subito consapevole che la sua concezione naturalistica del vivente non trovava in *Homo sapiens* alcuna eccezione. Si pone domande sul senso morale degli animali, sullo sviluppo degli istinti sociali, sull'emergere della coscienza, sulla mente umana come prodotto della struttura cerebrale, sulla nascita dell'idea di divinità nella specie umana, sul caso e sul libero arbitrio. Il suo è ormai un naturalismo integrale, senza eccezioni, unito a forti sospetti circa ogni forma di antropocentrismo: la gente si meraviglia per la comparsa dell'intelligenza umana, aveva scritto poco prima, ma «la comparsa di insetti con altri sensi è più meravigliosa» (Taccuino B, p.

207). Eppure dovremo attendere il 1871 e il 1872, dopo molti travagli, per vedere pubblicate le opere darwiniane a soggetto antropologico.

6. «Hurrah!», ecco il meccanismo

In questi Taccuini centrali Darwin mostra anche un interesse crescente per questioni epistemologiche, con apprezzamenti sempre più marcati per un metodo in parte ipotetico-deduttivo e in parte induttivo, in cui si susseguano confluenze di induzioni (mettere in ordine fatti sparsi), spiegazioni (le cause o leggi che producono il cambiamento delle specie) e previsioni su fatti non ancora noti. In un passo di sorprendente modernità epistemologica, nell'agosto del 1838, scrive: «Quantunque nessun fatto nuovo venga scoperto da queste speculazioni, anche se parzialmente vere esse sono della massima utilità per l'obiettivo della scienza, ossia la predizione. Prima che i fatti siano raggruppati e denominati, non vi può essere predizione. L'unico vantaggio di scoprire leggi è prevedere che cosa accadrà e vedere una connessione tra fatti sparsi» (Taccuino D, p. 67). Prende forma la peculiare metodologia darwiniana, descritta tempo dopo anche dal figlio Francis: né ingenuo induttivismo da raccoglitore di fatti curiosi, né deduttivismo speculativo e astratto da filosofo sistematico, bensì una miscela potente di acume osservativo e di sintesi teoriche.

Alcuni schemi osservativi hanno invaso la sua mente, innescando ulteriori domande. Le nuove ipotesi, rese coerenti fra loro, generano predizioni plausibili: «Il genere di ragionamento spesso seguito in tutta la mia teoria consiste nello stabilire un punto come probabile mediante l'induzione, applicandolo poi come ipotesi ad altri punti per vedere se li risolve» (*ibid.*). È al lavoro la logica della scoperta scientifica di Darwin, non esattamente improntata al «ligio induttivismo» baconiano professato nell'*Autobiografia*, ma assai più complessa. Mentre si scopre, scrive nel Taccuino M, bisogna inseguire «catene di pensiero» e «i castelli in aria sono altamente vantaggiosi», ma poi bisogna sistematizzare il tutto in una «catena reale di pensieri inventivi». Cerca sempre di anticipare gli avversari, immaginando le loro obiezioni per prevenirle. È significativo che durante il processo di scoperta lo scienziato stia riflettendo razionalmente sul proprio metodo. In un corpo a corpo incessante, vede schemi di connessione tra fatti sparsi, armato dei quali torna poi alle osservazioni, e poi di nuovo alla teoria in un andirivieni di revisioni, errori rivelatori, congetture e confutazioni. Più che un'epifania, sembra una lotta, la scalata di una vetta controintuitiva, così poco inconscia che ne coglie subito le implicazioni filosofiche: se ho visto bene, nota quasi impaurito, vuol dire che non vi è finalità intrinseca nella storia della natura e che la teologia naturale poggia su piedi d'argilla.

Queste ultime citazioni (in particolare la confluenza di induzioni, o «consilience») sono sicuramente influenzate, oltre che da Herschel,

dalla frequentazione dell'epistemologo William Whewell, che stava lavorando proprio in quegli anni alle sue opere maggiori sul metodo scientifico e sull'induzione (Lanaro, 1987). Per Whewell la storia della scienza è storia di metafisiche rivali ciascuna al cuore di programmi di ricerca in competizione. Non a caso quindi Darwin inizia in questo periodo i suoi taccuini «metafisici», spaziando tra scienza, filosofia, arte e storia: sa di essere in possesso di una «metafisica rivale» rispetto a quella dominante della teologia naturale. Whewell teorizzerà inoltre nel 1840 il ruolo cruciale della predizione nella scienza: anticipare fenomeni non ancora osservati, contemplare casi specifici di un tipo differente da quelli che si erano radunati nella formazione delle ipotesi. Darwin in effetti sarà molto impressionato da queste idee sulla previsione di «fatti nuovi» nella scienza e tenderà spesso «predizioni rischiose» per rafforzare il sostegno empirico alla sua teoria (aggiungendo, per contrasto, che il problema della teologia naturale era proprio quello di non riuscire a predire nulla e di non avere quindi lo status di una spiegazione scientifica).

Mentre rimugina su questioni metodologiche, trova la pietra angolare della sua teoria il 28 settembre 1838, leggendo la sesta edizione del 1826 del *Saggio sul principio di popolazione* di Thomas Malthus (uscito la prima volta nel 1798) e gli articoli del botanico svizzero Augustin Pyramus de Candolle sulle severe dinamiche popolazionali in fasi di scarsità di risorse e sulla guerra fra specie rivali. Già da solo aveva ipotizzato che vi potesse essere un controllo «naturale» del numero di organismi, ma è l'economia politica di Malthus a mostrargli – sulla scorta di un'intuizione che era già stata di Benjamin Franklin – che le popolazioni biologiche lasciate a se stesse tenderebbero a proliferare indefinitamente in modo accelerato e che soltanto la scarsità di risorse disponibili e di mezzi di sussistenza le mantiene entro dimensioni equilibrate in virtù di una lotta per la sopravvivenza che tempra i sopravvissuti. Non minore influenza sembra avere avuto, in quelle settimane, la lettura di *La ricchezza delle nazioni* di Adam Smith, con la sua interpretazione della concorrenza individuale come motore del cambiamento in un regime di *laissez faire*: il vantaggio del singolo, se lasciato opportunamente esprimere nella libera iniziativa, diventa vantaggio per la nazione.

Ancora una volta, alternandosi tra i taccuini scientifici e quelli filosofici, come in tutte le accelerazioni cruciali della sua creatività scientifica usa una metafora, un'analogia, un ponte fra idee: «Si potrebbe dire che esiste una forza come di centomila cunei che cerca di spingere ogni genere di struttura adattata nelle lacune dell'economia della Natura, o piuttosto di formare lacune spingendo fuori i più deboli. La causa finale di tutta questa azione dei cunei deve essere quella di vagliare la struttura appropriata e adattarla al

cambiamento» (Taccuino D, p. 135). Ha colto il meccanismo esplicativo che gli mancava, l'origine degli adattamenti, anche se la chiamerà «selezione naturale» soltanto nel 1842. I freni malthusiani in natura sono la competizione, la predazione, la riproduzione differenziale, le estinzioni: tramite essi, la «mano invisibile» della selezione favorisce i portatori di varianti che offrono un vantaggio contingente nella lotta per la sopravvivenza. L'idea non nasce quindi durante i meticolosi e pluriennali studi sui cirripedi tra il 1846 e il 1854 – per quanto importanti per le verifiche sperimentali sulla pervasività della variazione – bensì ventuno anni prima dell'*Origine delle specie*.

Con il Taccuino E il romanzo di formazione scientifica del giovane Darwin trova un suo primo, provvisorio compimento. Viene redatto durante quell'autunno, fino al luglio del 1839, rimuginando sull'idea di settembre, che è riassunta in tre principi: «1) I nipoti come i nonni; 2) tendenza a piccoli cambiamenti, specialmente in caso di cambiamenti fisici; 3) grande fecondità rispetto al sostegno [assicurato] dai genitori» (p. 58). Ereditarietà, variazione, eccesso di fecondità, competizione, selezione: sono le basi della sua spiegazione, il nocciolo del programma di ricerca darwiniano. Concentra le sue attenzioni sulla variazione e sull'ereditarietà: ha colto che la selezione agisce sulle differenze, tramandabili, tra organismi in competizione all'interno di una popolazione. Paragona la lunghezza del tempo geologico a ciò di cui sono capaci gli allevatori in pochi anni: un altro dei suoi ponti, fra selezione artificiale e selezione naturale, è lanciato. Capisce di avere fra le mani la spiegazione del «mistero dei misteri» di cui gli aveva parlato proprio l'astronomo John Herschel a Città del Capo nel giugno del 1836: la comparsa di nuove specie. Il segreto sta tutto in due parole: aver trovato le «cause intermedie» (p. 59). E gli scappa persino un «hurrah» di gioia.

7. Come pagine strappate da un libro

Ha trovato la «legge del cambiamento» che cercava e adesso torna indietro a reinterpretare le osservazioni accumulate precedentemente. Ecco allora che il primo dato che rivede è proprio l'apparente mancanza di cambiamento continuo e lento che si osserva nei reperti fossili: lo attribuisce alle lacune della documentazione stessa, perché il nocciolo variazione-selezione gli impone d'ora in poi di pensare a un ritmo uniforme di cambiamenti lenti e insensibili di generazione in generazione, anche se non sempre si vedono. La teoria comincia a «esigere» il suo prezzo: «La mia stessa teoria richiede che ogni forma sia durata per il suo tempo: tuttavia, nello stesso deposito, se di grande spessore, dovremmo trovare qualche cambiamento fra gli strati superiori e inferiori» (p. 6e). La trasmutazione diventa questione di «vantaggi infinitesimali» nella sopravvivenza differenziale: «Vedendo lo splendido seme della tifa ho pensato che di sicuro nessuna crescita 'fortuita' avrebbe potuto produrre questa miriade di semi, e tuttavia, se fosse prodotto un seme dotato di un vantaggio infinitesimale, esso avrebbe una maggiore probabilità di essere propagato; e quindi, eccetera» (p. 137).

Nel finale Darwin salda i conti con la realtà delle specie che si avvicinano senza apparente gradualità. Come rendere coerenti queste transizioni discrete con il lento scrutinio cumulativo della lotta per la sopravvivenza che si basa su «vantaggi infinitesimali»? Il soggetto della selezione è il singolo organismo dentro una popolazione e d'ora in poi la visione darwiniana sarà centrata sugli individui biologici come livello fondamentale. Prova a connettere l'isolamento geografico con la selezione artificiale: come gli allevatori isolano i ceppi che interessano loro, così la natura separa le popolazioni (per esempio sulle isole) e produce cambiamento per selezione. Se un gruppo periferico è sottoposto a pressioni selettive ed è separato fisicamente dalla specie madre, lì avverrà il mutamento. Dove invece una specie è molto diffusa, e ben adattata, non è necessario cercare cambiamento (p. 122). Quindi: si ha stabilità al centro degli areali e in nicchie stabili; si ha speciazione in caso di «separazione in senso orizzontale» di piccole popolazioni (p. 135). È una raffigurazione dell'evoluzione di notevole modernità, con un'integrazione di processi differenti che sarà compresa a fondo soltanto un secolo e mezzo dopo grazie alla genetica della speciazione.

Si impegna a cercare «lente gradazioni di forme» in serie verticali, piccole modificazioni cumulative nei fossili: lenti, impercettibili e inesorabili cambiamenti che si accumulano. Le variazioni geografiche interne diventano «specie incipienti» che lentamente divergono. Da geologo professionista (come si definisce a p. 156) allievo

dell'attualismo di Lyell, nota che i fossili del Devoniano sono certo intermedi fra quelli del Siluriano e del Carbonifero, ma solo in modo generale perché i dettagli si sono persi. Se non si trovano è colpa delle contingenze della fossilizzazione, dell'intermittenza della sedimentazione, come cercare fra le pagine di un libro strappate. Preparandosi a rispondere a future obiezioni, escogita un'ipotesi *ad hoc* che scarica tutta la responsabilità delle anomalie sull'imperfezione dei dati paleontologici: «L'argomentazione deve essere esposta in questi termini: dovremo forse rinunciare all'intero sistema della trasmutazione, o credere piuttosto che il tempo sia stato assai più lungo e che i sistemi non siano altro che fogli sparsi, strappati da interi volumi?» (p. 127). Nasce così un lungo fraintendimento che si trascina fino agli anni Settanta del Novecento, quando si scoprirà che invece i fossili e le stratigrafie «punteggiate», alla loro scala temporale dei milioni di anni, avevano sempre raccontato ciò che realmente è successo.

Come notò il filosofo della scienza Imre Lakatos, le strategie difensive degli scienziati sono legittime e vanno valutate per i loro effetti, in un'ottica di falsificazionismo sofisticato. Se una teoria isolata non è mai incompatibile direttamente con l'esperienza, ma la scienza è un succedersi di articolati programmi di ricerca, come quello che Darwin sta qui impostando, di fronte a un'anomalia lo scienziato può scaricare l'esito negativo del controllo su una delle ipotesi periferiche in esso implicate, e non sul nucleo del programma di ricerca in esame. Preferisce cioè lavorare sulle condizioni iniziali e ausiliarie piuttosto che sul nucleo esplicativo centrale, cercando di ignorare o disinnescare i «fatti recalcitranti». Se la natura dice il suo no, l'ingegnosità dello scienziato può sempre gridare più forte (naturalmente, a suo rischio e pericolo). Qui Darwin rifiuta i dati recalcitranti di non gradualità con l'ipotesi *ad hoc* dell'imperfezione dei dati paleontologici.

Questa strategia difensiva potrà funzionare (l'anomalia rientra grazie all'ipotesi di salvataggio e il contenuto empirico del programma di ricerca aumenta); può altresì rivelare un attaccamento pseudoscientifico (un'infalsificabilità di principio, una rincorsa di ipotesi *ad hoc*); oppure può funzionare solo provvisoriamente, come un rattoppo che sulle prime sembra efficace ma che in realtà indebolisce la spiegazione. In questo caso specifico, l'ipotesi gradualistica di fondo non è affatto sbagliata e gli permetterà di spiegare moltissimi fenomeni in chiave di continuità dell'azione della selezione naturale. Tuttavia, l'ipotesi *ad hoc* specifica dell'imperfezione dei dati paleontologici si rivelerà scorretta.

Ora l'interesse di Darwin è puntato più sugli organismi come individui in concorrenza che sulle specie come entità discrete di

livello superiore. Il quadro assume tinte fosche: l'evoluzione implica anche un'ecatombe di individui che non ce la fanno. Il 12 marzo 1839 escogita la celebre immagine delle guerre silenziose della natura che piacerà così tanto al poeta Alfred Tennyson: «È difficile credere nella guerra, terribile ma silenziosa, che ha luogo fra esseri organici nei boschi tranquilli e nei campi ridenti» (p. 114). Una triste asimmetria risiede nella storia della natura fra l'estinzione, così rapida e irrimediabile, e la trasmutazione, lenta e faticosa. È interessante notare che Darwin non usa qui il termine «evoluzione» – come neppure vent'anni dopo nell'*Origine delle specie* – perché attribuito a quel tempo allo sviluppo individuale, alla crescita dell'organismo. Il cambiamento delle specie è un'altra cosa: non ha «cause finali» né frecce del tempo verso forme adulte (p. 146), poiché le sorgenti di variazione sono spontanee, cioè indipendenti dai possibili effetti più o meno adattativi che avranno sui portatori, e l'adattamento è un processo contingente e locale, relativo a condizioni di esistenza mutevoli, dipendente spesso da rimaneggiamenti imperfetti e da correlazioni fra le parti che compongono il piano corporeo degli organismi.

Darwin si accorge qui che la rottura con la teleologia adattativa e l'inserimento della specie umana nell'albero della vita, senza «eccezioni» metafisiche, lo stanno portando in rotta di collisione con la trattatistica devota dominante in quegli anni, quella della teologia naturale dei *Bridgewater Treatises*, che nei diversi settori delle scienze naturali cercavano di moltiplicare l'argomentazione del disegno di Paley mostrando «il potere, la saggezza e la bontà di Dio per come si manifesta nelle opere della Creazione». Nei suoi commenti a un libro di religione naturale di John Macculloch del 1837 dal titolo eloquente, *Proofs and Illustrations of the Attributes of God from the Facts and Laws of the Physical Universe*, troviamo una dura e serrata critica delle «sciocchezze» della teologia naturale.

È percorso dal brivido di aver capito che lo smantellamento della religione naturale per via logica e argomentativa, operato magistralmente da David Hume, che rilegge avidamente in quei mesi a Londra, è ora possibile anche per via scientifica: c'è un altro modo, del tutto privo di finalismo, per spiegare i meravigliosi adattamenti degli organismi, dall'occhio pedunculato del camaleonte al volo silenzioso del gufo. Non si tira più indietro: «La storia geologica dell'uomo sarebbe perfetta come quella dell'elefante, se solo si scoprisse qualche genere imparentato con l'uomo come Mastodon lo è con l'elefante. L'uomo agisce sugli agenti organici e inorganici di questa terra, e a sua volta ne subisce l'azione, come ogni altro animale» (p. 65). «Come ogni altro animale», e non solo: «È difficile pensare a Platone e Socrate intenti a discutere l'immortalità dell'anima quali discendenti lineari di

un mammifero che troverebbe la sua collocazione nel *Systema Naturae*» (p. 76). Nel Taccuino M aveva scritto nell'estate del 1838: «Per evitare di dichiarare quanto io creda nel Materialismo, dico solo che le emozioni, gli istinti, i diversi gradi di intelligenza sono ereditari ed è così perché il cervello di un bambino somiglia a quello dei suoi antenati» (p. 57). Sono idee pericolose. Lo scopritore inizia a sentirsi intimorito. Meglio per il momento chiudere i Taccuini in un cassetto.

3. L'evoluzionista riluttante

A chi confidare queste idee compromettenti? Nel Taccuino C aveva cercato di farsi coraggio: il vero scienziato deve fare progredire le conoscenze, quindi se è convinto delle proprie idee è bene che le renda pubbliche. Non sarà così. Il contenuto dei Taccuini resta materia di discussione fra pochi intimi. Darwin aveva intuito il meccanismo della selezione naturale nel settembre del 1838: da quell'idea fulminante alla prima comunicazione pubblica alla Linnean Society passano vent'anni. Due decenni centrali, dai ventinove ai quarantanove anni di età, che coprono solitamente il fulcro della vita produttiva di uno scienziato. In Darwin, due decenni di reticenze, di silenzi, di timori, e di appunti nascosti (Quammen, 2006). Perché una tale riluttanza?

1. Il primo «abbozzo» del 1842

Non che siano stati anni infruttuosi. Se la lettura di Malthus gli aveva permesso di comprendere lo sfondo competitivo della selezione naturale – quella insufficienza permanente delle risorse che genera la lotta per l'esistenza fra gli organismi – sarà l'analogia con la selezione artificiale degli incroci da parte degli allevatori a fornirgli gli strumenti per capire il meccanismo con cui la natura trasforma le specie. La sua esistenza nel frattempo comincia a essere inquietata da un doloroso dualismo. In pubblico, Darwin è un rispettabile geologo e naturalista, autore di un diario di viaggio di grande successo internazionale, coordinatore di monumentali monografie sul viaggio del Beagle, pupillo emergente dell'aristocrazia scientifica anglicana di Owen, di Sedgwick e di Lyell. In privato, è un evoluzionista convinto che non vi sia alcun piano provvidenzialistico in natura e che tutte le specie, umana compresa, siano legate da una parentela genealogica, cioè dalla «discendenza con modificazioni» prodotta dalla sopravvivenza differenziale delle varianti più dotate nella sopravvivenza e nella riproduzione. Un'idea che sarebbe stata ritenuta sovversiva dai suoi maestri e pericolosamente in sintonia con le idee delle correnti più radicali di contestazione sociale.

Questa doppia vita londinese non contribuisce certo a mitigare gli effetti della misteriosa malattia che lo colpisce già in quegli anni, forse un morbo delle viscere contratto durante il viaggio. Sposato con la cugina di primo grado Emma Wedgwood nel gennaio del 1839, già padre di William e di Annie, Darwin scrive soprattutto di geologia e lavora come segretario della Geological Society, oltre che come neomembro della prestigiosa Royal Society. Dopo i saggi sulle barriere coralline e sulle isole vulcaniche, conclude la sua trilogia geologica con un contributo sulla geologia del continente sudamericano. Nell'estate del 1842, pochi mesi prima di trasferirsi a Down House nel Kent, approfittando di un soggiorno sereno nella casa paterna decide di compilare a matita un «abbozzo» della sua teoria segreta. Sente probabilmente il desiderio di sistematizzare le sue idee, dopo l'accumulo di pensieri affastellati nei Taccuini.

Così nelle trentacinque pagine dello *Sketch* troviamo la prima ossatura dell'impianto esplicativo darwiniano: l'analogia fra selezione naturale e selezione artificiale degli allevatori che amplificano caratteri vantaggiosi; lo scenario malthusiano della lotta per l'esistenza; la variazione spontanea (allo stato domestico e allo stato selvatico) e la trasmutazione delle specie per «selezione naturale»; la discendenza con modificazioni; il ruolo dell'isolamento geografico e riproduttivo; la sterilità degli ibridi; i primi cenni alla selezione sessuale, cioè una competizione direttamente per la riproduzione; la

gradualità del cambiamento evolutivo.

Descritti nella prima parte i meccanismi che producono il cambiamento delle specie, nella seconda organizza per tipologie le sue classi di prove: la documentazione fossile, di cui cerca di spiegare l'apparente discontinuità ipotizzando che il dato geologico sia frammentario e imperfetto, per avvalorare in questo modo il suo gradualismo; la distribuzione geografica delle specie, come indizio della loro parentela; le «unità di tipo», o omologie, e le conversioni funzionali; le somiglianze nelle fasi precoci dello sviluppo embrionale; gli organi vestigiali. È una rappresentazione della natura radicalmente innovativa, presentata qui in una forma molto moderna, sia perché rimarrà pressoché la stessa nelle stesure successive fino all'*Origine* sia perché contiene barlumi di idee – come quella di cooptazione funzionale, introdotta per spiegare l'origine di organi particolarmente complessi come l'occhio – su cui Darwin tornerà nella sesta edizione dell'*Origine* del 1872.

Le bizzarrie della natura cessano di essere il capriccio di un Creatore che insegue ogni dettaglio, perché ora nella sua mente pochi «schemi» o «pattern» possono rendere conto di una vasta eterogeneità di fatti naturali. Più semplice congetturare – come nell'asciutta tradizione religiosa e filosofica unitariana – che di divino vi siano piuttosto le sublimi «leggi della natura», il cui corso inesorabile non ha bisogno di aggiustamenti successivi. Ma non basterà questo accomodamento: la selezione naturale, intuisce Darwin, è un processo senza scopi, senza intenzioni, senza premonizioni. È un insieme di meccanismi demografici impersonali dagli esiti contingenti e imperfetti, per quanto funzionali. Dalla silenziosa guerra per le risorse e dalla sopravvivenza differenziale degli individui deriva dunque il bene più alto – chiosa Darwin, facendo le prove generali della sua caratteristica prosa – e cioè la comparsa degli animali superiori, ma soprattutto una «grandiosa visione della vita» che da un semplice inizio si è irradiata nella esuberante diversità delle specie passate e presenti, evolvendosi in «innumerevoli forme, bellissime e meravigliose».

2. È come confessare un omicidio

Aveva provato timidamente ad accennare questi concetti a Charles Lyell, con scarso successo. Né poteva essere quello dei «dissenzieri» antiecclesiastici e degli oppositori al potere anglicano il pubblico a cui ambire. Ancor meno lo attirava la prospettiva di diventare un riferimento per i socialisti, per i materialisti e per gli atei che agitavano la società in quei mesi di disordini e di rivendicazioni sociali. Nello *Sketch* aveva dichiarato in più passaggi di non voler affrontare di petto l'argomento della parentela fra uomo e animali, ma sapeva che qualcuno avrebbe potuto facilmente dedurre l'implicazione. Benché quelle e non altre fossero le sue idee, avvertiva il pericolo di essere strumentalizzato, di essere coinvolto in un gioco politico che non lo appassionava.

Capisce, insomma, la portata enorme della sua scoperta, ma non vuole tradire l'élite della comunità scientifica che lo ha accolto giovanissimo con tanto favore. Inizia così ad accennare al suo «segreto» nelle lettere private, ingenerando dubbi nei suoi interlocutori e saggiando prudentemente l'effetto delle sue ipotesi. Polemizza con George Waterhouse (al quale aveva affidato i suoi mammiferi) sulla filosofia delle classificazioni biologiche e si lascia scappare che esse non dovrebbero obbedire a criteri astratti (i «cerchi perfetti» di specie simili o i «sistemi quinari» di cui si discuteva in quegli anni in Inghilterra, sullo sfondo delle due contrapposte tassonomie francesi, quella funzionalista di Georges Cuvier e quella formalista di Etienne Geoffroy Saint-Hilaire), bensì a relazioni reali, cioè alla «discendenza da ceppi comuni»: è interessato a cogliere le relazioni causali, ovvero genealogiche, che fondano l'organizzazione dei viventi in categorie tassonomiche. Il riferimento di prammatica alle leggi volute da un Creatore non gli bastava più.

Agli inizi del 1844 gli ispira particolare fiducia un giovane botanico, Joseph Dalton Hooker, medico di bordo nella spedizione antartica del capitano Ross appena conclusa, figlio del direttore dei giardini reali di Kew, al quale succederà. Mentre discutono delle flore insulari e degli esemplari botanici raccolti durante i rispettivi viaggi, in una lettera dell'11 gennaio 1844 Darwin non si trattiene e gli racconta a quali conclusioni è giunto a partire dalle sue osservazioni sugli animali sudamericani e come ha progressivamente cambiato idea circa la fissità delle specie. Affermare che «le specie non sono immutabili», tuttavia, gli appare come la confessione di «un omicidio».

L'imbarazzo e la riluttanza di Darwin sono evidenti. In quelle settimane, di trasmutazione parlavano per le strade i contestatori più estremisti, rifacendosi principalmente a Lamarck e alla sua idea di una *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres* (uscita dal 1815 al 1822)

dominata da una tendenza intrinseca nelle forme viventi a progredire verso strutture più complesse, una forza di progresso globale persino più forte dell'adattamento locale. Forse anche per questo, nella lettera a Hooker ripudia con toni particolarmente duri le «insensatezze» del francese. Eppure la non fissità delle specie, la trasformazione graduale dei loro adattamenti in funzione di problemi di sopravvivenza e l'importanza delle pressioni ambientali esterne erano indizi che la natura stessa aveva onestamente suggerito anche a lui, mettendo insieme fatti sparsi che solo l'evoluzione per selezione naturale poteva spiegare. Sta riconoscendo qui implicitamente che le teorie di Lamarck, per quanto speculative, rappresentavano il primo sistema di interpretazione globale della trasmutazione dei viventi, dal quale eventualmente distanziarsi. Sulla caricatura di Lamarck dovrà ricredersi quando, nelle opere della maturità, accetterà come molti altri studiosi i principi dell'uso e del disuso e dell'ereditarietà dei caratteri acquisiti, per quanto con un ruolo circoscritto a casi specifici.

Rifacendosi ora all'antilamarckismo di Lyell e al rifiuto dell'idea che i cambiamenti delle forme organiche siano determinati da precedenti modificazioni comportamentali nelle specie, sta forse cercando le attenuanti generiche o quantomeno un'imputazione meno grave di omicidio colposo. Di certo, vuol mostrare all'amico che il suo non era un assassinio premeditato. Hooker nelle sue risposte non si scandalizza affatto. Non è persuaso, ma si dice interessato alle nuove idee, anzi gli offre qualche ulteriore suggerimento relativo a specie botaniche indigene di isole remote come le Kerguelen nell'Oceano Indiano meridionale. È quanto basta perché Darwin lo elegga come complice privilegiato dei suoi ragionamenti, travolgendolo di proposte interpretative e di domande. Facendo tesoro delle reazioni e delle obiezioni di Hooker, decide di riscrivere per esteso l'Abbozzo di due anni prima, mantenendone la struttura. Prende così forma nel 1844 la seconda stesura della filosofia naturale darwiniana: un «Essay» di duecento pagine che Darwin risolutamente mantiene segreto, tanto da corredarlo di una lettera testamentaria per la moglie, da aprire solo in caso di morte improvvisa, contenente le disposizioni su come pubblicare postuma la sua opera (affidandola di preferenza a un geologo).

Con il passare dei mesi le ragioni della reticenza aumentavano. Altri interlocutori, come il reverendo Leonard Jenyns, erano stati meno indulgenti di Hooker. Nell'ottobre del 1844 esce anonimo un libro divulgativo dal titolo *Vestiges of the Natural History of Creation*, dove l'editore di Edimburgo Robert Chambers esponeva la «visione scientifica alternativa del progresso» che da tempo si annusava nell'aria. Era un testo dilettesco rivolto al grande pubblico, nel quale veniva vividamente descritta un'evoluzione universale della

materia, del cosmo, dei viventi e dell'uomo, come stadi di un unico grande processo di sviluppo. Fu un successo editoriale senza precedenti, ma l'accademia scientifica conservatrice si scagliò contro il libro in modo veemente. Ciò che più infastidiva Darwin era che il trasmutazionismo fosse rappresentato – agli occhi della comunità scientifica che contava per lui – non solo da Lamarck ma ora anche da un'opera strampalata e ingenua, alla quale sarebbero state subito associate le sue idee. Solo l'anonimato protesse l'autore dei *Vestiges* e Darwin ne fu impressionato. Meglio dilazionare ancora.

3. *Sapere tutto, ma proprio tutto, di una piccola porzione della natura*

Il clima politico instabile, le polemiche sui *Vestiges*, i timori per le prevedibili reazioni alla naturalizzazione della specie umana, il desiderio di accumulare altri dati produssero così un ulteriore prolungato periodo di attesa e di febbrili ricerche, condotte in modo tanto pignolo da apparire quasi come un diversivo. Nel frattempo gli otto devoti trattati di teologia naturale, editi grazie al lascito del conte di Bridgewater, uno dei quali scritto da Whewell, continuavano a essere diffusissimi. Anche il «Giornale di viaggio» di Darwin, pur all'interno delle cronache delle spedizioni del Beagle curate da FitzRoy, mieteva successi e decise di ripubblicarlo autonomamente nel 1845 migliorandone lo stile e aggiungendo riferimenti che provenivano dalle osservazioni maturate dagli specialisti sui suoi reperti. Così comparvero – solo a posteriori, in quello che d'ora in poi sarà l'acclamato *Viaggio di un naturalista intorno al mondo* – le dissertazioni sui fringuelli delle Galápagos e sulle differenze tra i loro becchi, nonché una fugace allusione al «mistero dei misteri» della comparsa di nuove specie. Si muove con la massima prudenza.

Intanto tra gli acciacchi ricorrenti, le visite in sanatorio per l'idroterapia e le incombenze domestiche – alla fine avrà da Emma dieci figli, di cui sette gli sopravvivranno – termina la stesura delle osservazioni sulla geologia del Sud America e pubblica un articolo sul giornale della Royal Society a proposito delle enigmatiche terrazze geologiche del Glen Roy, una vallata nelle Highlands scozzesi visitata nel 1838, spiegandole come un effetto dell'innalzamento graduale del livello dell'oceano (ma la tesi della subsidenza e dell'origine come rive marine si rivelerà errata). Poi mette mano allo studio degli ultimi esemplari non ancora descritti fra i materiali del Beagle, alcuni cirripedi raccolti sulle isole Chonos in Cile nel 1835.

Dopo, assicura a se stesso, lavorerà sulla spinosa «questione delle specie» lasciata in sospeso. Tuttavia, il mondo di quei minuscoli crostacei marini (per alcuni aspetti simili a molluschi) si rivelerà così affascinante, e rassicurante, da occupare più di otto anni di estenuanti attività, dal 1846 al 1854. Si mette a studiare le loro strutture diversificate, gli esoscheletri e le appendici filamentose, le larve natanti e gli stadi di sviluppo, le ghiandole adesive, il parossistico dimorfismo sessuale (piccoli maschi ridotti a sacche spermatiche aggrappate ai corpi delle femmine), le abitudini alimentari e riproduttive, gli esemplari fossili e attuali. Ne classifica a migliaia provenienti da ogni parte del pianeta, riscrive la loro tassonomia dividendoli in due famiglie (sessili e pedunculati, più varie forme

recalcitranti) e diviene in alcuni anni la massima autorità mondiale in fatto di cirripedi. Aveva rimuginato troppa teoria generale sulle specie, ora voleva la descrizione completa e definitiva di una piccola porzione di natura: «nessuno ha il diritto di valutare la questione delle specie» – scrive a Hooker il 10 settembre 1845 – «se non ne ha descritto minuziosamente diverse». Attorniato a Down House dagli sguardi incuriositi dei sempre più numerosi figli (convinti ormai che il mestiere di un buon padre fosse quello di sminuzzare cirripedi), edifica il dominio analitico su un regno naturale tutto suo.

Questi crostacei si rivelarono, del tutto imprevedibilmente, come un autentico scrigno di bizzarrie e di diversità, con maschi parassiti delle femmine, specie ermafrodite e un'intera gamma di comportamenti e di strutture sessuali che dall'ermafroditismo giungevano alla divisione completa in due sessi definiti, ma passando fra i più diversi stadi intermedi e stravaganti di sessualità. Una «trasmutazione» osservata in fieri. Da questo microcosmo di stranezze improbabili Darwin trae il messaggio che la variazione in natura è permeante, continua e ampiamente sottostimata. È soltanto grazie a uno studio così analitico e a tappeto che le diversità individuali – non soltanto quindi fra specie diverse, ma anche all'interno di ogni popolazione – gli appaiono ora chiaramente come il combustibile indispensabile del cambiamento, la materia prima di base su cui agisce la selezione naturale. In questo modo Darwin scuote un altro pilastro del pensiero convenzionale all'epoca – difeso fra gli altri da Whewell – secondo il quale la diversità andava misurata a livello di «tipi» di specie o di «generi naturali», intesi come modelli ideali, archetipici e sostanzialmente immutabili. Secondo questa visione essenzialista, la variazione a livello più basso fra individui (evidenza innegabile anche prima di Darwin) era intesa negativamente come la manifestazione imperfetta dell'essenza più alta della specie, lo scarto dalla norma, la deviazione dallo standard. Esplorando le pullulanti diversità dei cirripedi a ogni livello, Darwin capisce che la variazione individuale è al contrario, e positivamente, il presupposto delle trasformazioni delle specie. Non c'è un organismo uguale all'altro, ed è proprio questo che conta.

Per le stesse ragioni si accorge che la distinzione fra «specie» e «varietà» interne alle specie è ambigua: le popolazioni che presentano variazioni locali potrebbero essere l'inizio di un processo di divergenza che condurrà a una nuova specie, e il confine fra le due entità non è sempre netto. Trovare quindi le linee di demarcazione tra due specie è spesso difficile. L'uniformismo indotto dalla gradualità di azione della selezione naturale acquisisce un'importanza crescente nella filosofia darwiniana e diventa una forma di continuismo forte, che non prevede salti né discontinuità, tanto nel tempo quanto nello spazio: le variazioni emergono a tutti i livelli e complicano il mestiere

del sistematico. Darwin sente così il bisogno di formulare un principio integrativo più generale che renda conto delle diversificazioni a vantaggio delle specie. Occasionali isolamenti geografici non gli bastano più.

Risale probabilmente al 1850 il viaggio in carrozza durante il quale Darwin sostiene di aver avuto l'illuminazione cruciale riguardante la relazione fra la selezione naturale e la differenziazione arboriforme delle linee evolutive: le popolazioni derivanti da uno stesso insieme ancestrale, se dominanti, avranno la tendenza a crescere di numero e a divergere nelle loro caratteristiche adattative nel corso dell'evoluzione, poiché saranno portate a occupare anfratti diversi dell'ambiente e a differenziare le loro abitudini, come in un processo di divisione del lavoro nell'economia della natura. La loro separazione fisica non è più indispensabile, perché in contesti ecologici sempre tendenzialmente affollati e pieni le specie saranno indotte a competere fra loro, a frammentarsi o a estinguersi, in ragione della sola selezione naturale fra individui. È il «principio di divergenza» al quale il naturalista d'ora in poi assegnerà un grande valore teorico, perché è convinto che gli permetta di legare la struttura gerarchizzata della tassonomia biologica al cuore esplicativo della selezione naturale.

Il suo «grande libro delle specie», che decide di intitolare *Natural Selection*, viene nel frattempo continuamente rimandato. Nell'aprile del 1851 perde l'amatissima figlia maggiore Annie, di dieci anni, a causa probabilmente della tubercolosi. È uno shock familiare, preceduto dalla morte del padre avvenuta tre anni prima, che lo indurrà a dolenti manifestazioni di profondo scetticismo religioso. Nella tragedia si stringe alla moglie Emma, una donna emancipata, colta, cresciuta con un'educazione liberale, convinta credente. Rimuginando nelle sue lettere sul problema del male, Darwin commenta amaramente che per scrivere il libro delle orrende crudeltà della natura ci vorrebbe proprio un «cappellano del diavolo». Non può esserci alcun disegno nella sofferenza gratuita di una bambina.

Nei primi anni Cinquanta del XIX secolo lo scenario culturale inglese stava cambiando. I giovani naturalisti riformatori erano in ascesa e le idee trasformiste sul progresso della natura e della società erano sempre più nell'aria, per opera soprattutto di Herbert Spencer e di un irruente Thomas Henry Huxley. Darwin ricevette nel 1853 la Royal Medal per il suo lavoro epocale sui cirripedi e terminò i quattro volumi progettati (due sui cirripedi pedunculati, fossili e viventi, e due su tutti gli altri), ancora oggi un punto di riferimento per gli specialisti. Finalmente poteva avviare la stesura di *Natural Selection*, interrotta da occasionali diatribe sull'esistenza o meno di continenti sommersi e sulle modalità di diffusione delle specie animali e vegetali da un continente all'altro. Sentiva di possedere adesso l'autorevolezza

sufficiente e di avere un clima più favorevole attorno. La doppia vita del Darwin pubblico e del Darwin privato stava per finire, ma non avrebbe deciso lui quando.

4. I fatti precipitano

Ripartì dall'*Essay* del 1844 e lo divise in capitoli: animali domestici e selezione artificiale; fecondità e sterilità; proprietà e cause della variazione; lotta per l'esistenza; selezione naturale; principio di divergenza; e così via. Ma il dono della sintesi gli manca, come lamenta più volte nelle lettere, e ben presto l'opera dilaga in centinaia di pagine di esempi e divagazioni. Tornò a frequentare mostre agricole e zootecniche, mentre a Down House allestiva il suo prediletto allevamento di colombi e piccioni. Intensificò gli esperimenti di ibridazione e di fecondazione delle piante. Voleva vedere sul nascere il materiale grezzo di cui si nutre la selezione, cioè la variabilità indefinita e spontanea degli individui biologici, e capirne le cause (forse le condizioni esterne? forse una sorgente interna?). Nel maggio 1856 si avvertì però il primo scricchiolio che preannunciava il precipitarsi della vicenda.

Lyell, che seguiva le ricerche di Darwin con interesse (suggerendogli a più riprese di pubblicarle) ma anche con una certa trepidazione per le loro conseguenze sulla possibile degradazione del posto dell'uomo nella natura, lesse sugli «*Annals and Magazine of Natural History*» uno strano articolo sulla «introduzione di nuove specie» scritto da un certo Alfred Russel Wallace, un intraprendente naturalista esploratore, autodidatta, che si guadagnava da vivere raccogliendo e vendendo esemplari rari. Nel testo si parlava di nascita delle specie, di trasformazione delle razze in specie, di «albero» genealogico, di variazione tra individui all'interno delle specie. Wallace – reduce da una sfortunata spedizione lungo il Rio delle Amazzoni progettata insieme a Henry Walter Bates e conclusasi con la perdita di tutti i reperti in un naufragio sulla via del ritorno – si trovava ora nel Borneo e Darwin, smanioso di informazioni supplementari, iniziò a intrattenere con il collega più giovane una garbata corrispondenza, chiedendogli l'invio di uccelli imbalsamati.

Wallace nel frattempo è giunto a conclusioni di estremo interesse sulle dinamiche di distribuzione geografica delle specie, ha individuato i distretti biogeografici del bacino amazzonico e sta scoprendo che nell'arcipelago malese (ora indonesiano) esiste una linea di demarcazione molto evidente (passante fra Bali e Lombok) tra due zone biogeografiche, quella asiatica e quella australiana. In una lettera del 22 dicembre 1857, Darwin ammette che il collega ha seguito ragionamenti analoghi ai suoi, in particolare connettendo la trasmutazione alle distribuzioni geografiche delle specie, ma tiene anche a precisare – con affilata cortesia vittoriana e un capolavoro di impliciti – che lui ci stava lavorando «più o meno da vent'anni». La teoria dell'evoluzione nasce fra naturalisti interessati agli arcipelaghi:

la dimensione dell'isola, dalle Galápagos alla Sonda, le è congeniale. Intanto, sul finire dell'anno Darwin è ancora fermo al capitolo sull'ibridismo. Dalle estremità dell'impero Wallace chiede notizie dell'opera, ma lui non si sbilancia, anzi incoraggia il collega a formulare le sue interessanti teorie.

Wallace non si lasciò pregare e nel febbraio del 1858 – si dice bloccato da una febbre malarica sull'isola di Ternate – scrisse una sintesi delle sue idee sulla differenziazione delle specie: *Sulla tendenza delle varietà a divergere indefinitamente dal tipo originale*. Il pacco arrivò a Down House il 18 giugno e per Darwin fu un duro colpo. I timori di Lyell si erano avverati. Nelle venti cartelle di Wallace c'era un modello di evoluzione quasi identico al suo: «Se Wallace avesse avuto il mio abbozzo manoscritto, redatto nel 1842, non avrebbe potuto farne un riassunto migliore!», scrive sconsolato a Lyell. Anche Wallace si era ispirato a Malthus, introduceva la lotta per l'esistenza, associava la variazione alla selezione, e queste alla divergenza progressiva delle specie. In Wallace il tono è più gladiatorio, l'approccio più funzionalista, gli inadatti sono eliminati direttamente dall'ambiente e meno dalla competizione con altri individui, l'evoluzione sembra avere una chiara direzione di progresso e di equilibrio, non vi è traccia del meccanismo di selezione sessuale e l'analogia con la selezione artificiale verrà dopo, ma la coincidenza, persino negli esempi scelti, resta impressionante, uno dei casi più eclatanti di congiunzione fra due processi di scoperta paralleli e indipendenti.

Darwin è avvilito all'idea che ora qualcuno possa pensare che l'uscita della sua opera sia stata accelerata per rivendicare la priorità su Wallace. Lyell escogita una saggia soluzione, che anche Wallace approverà di lì a qualche mese, facendo in modo che i due annuncino congiuntamente le loro scoperte. Come sede viene prescelta la Linnean Society, dove Hooker è di casa e dove il primo di luglio del 1858 è indetta una riunione straordinaria. Vengono presentati il saggio di Wallace, quello di Darwin del 1844 e un estratto di *Natural Selection* che Darwin aveva inviato nel 1857 al botanico di Harvard Asa Gray. È la prima enunciazione pubblica della teoria dell'evoluzione per selezione naturale e porta la firma congiunta di Darwin e di Wallace.

I protagonisti non erano presenti. Wallace era lontano nell'arcipelago malese. Darwin a casa in lutto per la perdita dell'ultimogenito Charles Waring e preoccupato per un'epidemia di scarlattina che aveva già stroncato sei bambini del villaggio. Prima che decidesse di ripartire sull'isola di Wight, gli riferirono che la reazione alla lettura dell'incartamento era stata di tiepida indifferenza o di sconcerto. Fra la trentina di presenti, nessuno in sostanza si accorse della rivoluzione, benché le idee espresse nei materiali presentati fossero chiare (soprattutto discendenza comune, selezione

naturale e principio di divergenza). Darwin si dichiara soddisfatto comunque. Meglio così, ci sarà tempo per scrivere una sintesi della sua opera. Prima pensa a un articolo per il «Journal» della Linnean Society, poi di nuovo perde il controllo della scrittura e in tredici mesi diventa un «riassunto» o estratto di *Natural Selection*. Uno dei riassunti più famosi della storia, di 500 pagine: *L'origine delle specie per selezione naturale*, uscita il 24 novembre del 1859 per i tipi dell'editore londinese John Murray.

4. L'origine delle specie

Negli uffici di Albermarle Street John Murray, l'editore londinese delle guide turistiche per vittoriani, annuncia l'uscita del nuovo libro, lungamente atteso, del noto naturalista e geologo inglese Charles R. Darwin, dal titolo per esteso *L'origine delle specie per selezione naturale, o la conservazione delle razze favorite nella lotta per la vita*. L'edizione ha una tiratura di 1250 copie, che andranno esaurite in poche ore nonostante il prezzo non proprio alla portata di tutti: 14 scellini, all'incirca un quarto dello stipendio medio di un lavoratore dell'epoca. L'autore nel frattempo non è a casa ad attendere ansiosamente notizie, bensì nello Yorkshire per un periodo di agognate cure termali. Sta tentando una idroterapia per risolvere i soliti malanni fisici, peggiorati dalle fatiche dovute alla lunga correzione estiva delle bozze. La moglie Emma, freddamente, annota per quel giorno sul suo diario soltanto un brevissimo appunto occasionale: «andati a Manchester». Come se nulla fosse.

1. Da ogni pagina sventola la bandiera della flotta britannica

La calma apparente dissimula forse qualche inconfessabile preoccupazione. Ne avevano parlato a lungo, Emma aveva corretto il manoscritto, sapeva bene cosa vi fosse scritto. In realtà, sa che sta per scoppiare un putiferio. Amato e odiato in pari misura, quel testo personalissimo è in procinto di innescare una delle più accese discussioni scientifiche e filosofiche di tutti i tempi. Ma quando Darwin riceve la prima copia ostenta una serenità quasi olimpica: «Sono infinitamente compiaciuto e fiero dell'aspetto della mia creatura». «Sono lieto che lei abbia avuto la bontà di pubblicare il mio libro», scrive all'editore.

E quale bontà. La seconda edizione dell'opera appare dopo poche settimane, il 7 gennaio del 1860, stampata questa volta in tremila copie. Sempre austera, senza illustrazioni in copertina né all'interno (tranne un solo diagramma), nessun frontespizio decorato. Ad ogni edizione Darwin aggiungerà o correggerà qualcosa. Nel 1876, quando scrive la sua autobiografia, ne erano state vendute 16mila copie ed era stata già tradotta nelle principali lingue europee. Nella seconda edizione rivede lo stile di alcuni passaggi. Nella terza, del 1861, aggiunge un significativo «Compendio storico» sull'evoluzione del concetto di origine delle specie, sulle teorie trasformiste concepite prima della sua e su chi ha dato inizio alla trattazione dell'argomento evoluzionistico in modo scientifico (a cominciare da Buffon): distribuisce meriti, talvolta persino eccessivi, ai suoi precursori. Nella quarta arricchisce le parti riguardanti l'embriologia e i processi di sviluppo. Nella quinta, del 1869, si lascia convincere da Alfred Russel Wallace e Herbert Spencer a usare l'espressione «sopravvivenza del più adatto», per la quale diventerà famoso. Nel frattempo Appleton pubblica l'edizione americana e cominciano ad uscire le prime traduzioni straniere supervisionate per quanto possibile da Darwin stesso, non senza una certa delusione per gli inevitabili «tradimenti» delle traduzioni (in particolare di quella francese in chiave sciovinistico lamarckiana).

La sesta e ultima edizione del 1872, quella solitamente adottata per le ristampe moderne, viene profondamente rivista da Darwin al fine di renderla più comprensibile a un pubblico vasto e integrata con un capitolo nuovo di risposte argomentate e dettagliate alle critiche raccolte nei dodici anni precedenti. È l'ultima edizione corretta dall'autore prima della morte. Viene messa in vendita finalmente a un prezzo popolare, il titolo diventa semplicemente *The Origin of Species* e farà il giro del mondo come un classico della letteratura scientifica. Il

vittoriano amabile e modesto che aveva scompaginato il posto dell'uomo nella natura assistette alle schermaglie generate dal suo tomo rivoluzionario, rilegato in cartone telato verde, standosene rinchiuso con la famiglia nella casa del Kent a trenta chilometri da Londra. Grazie alle visite di cortesia e alla fitta corrispondenza seppe comunque tenersi costantemente aggiornato. Nell'*Autobiografia*, con un pizzico di misurata nostalgia, scriverà che si è trattato «senza dubbio dell'opera più importante della mia vita». E con uno strappo alla modestia: «Ha avuto fin dall'inizio un grande successo».

Eppure le premesse erano state quanto meno tormentate. Nell'*Origine delle specie* è contenuta un'idea fondamentale, l'evoluzione delle specie per selezione naturale, che Darwin abbiamo visto avere in mente dal settembre del 1838, da quando la tratteggia per esteso nei Taccuini della Trasmutazione, compilati dopo il ritorno del Beagle in Inghilterra nel 1836. La teoria rimane quindi nel cassetto per ventuno anni. È già noto al di fuori della comunità scientifica per il suo diario di ricerche a bordo del Beagle, quel *Viaggio di un naturalista intorno al mondo* definito «eccellente» persino da chi di viaggi era autorità suprema, Alexander von Humboldt. Tuttavia, in mezzo a questo trambusto, solo la moglie e pochi amici fidati sanno della sua idea. È consapevole di avere idee «materialistiche» piuttosto sconvenienti per l'epoca.

È dunque sorprendente che lo stile volutamente affabile, le metafore, la linearità argomentativa e la prosa suggestiva dell'*Origine delle specie* – né saggio specialistico né libro divulgativo, con citazioni che spaziano da Aristotele all'allevatore della contea vicina, e utili sommari alla fine di ogni capitolo – si siano addensate in quelle pagine in pochissimi mesi, durante una corsa contro il tempo dopo lo shock proveniente da Ternate. Come titolo sceglie un involuto intreccio di parole, *Compendio di un saggio sull'origine delle specie e delle varietà attraverso la selezione naturale*, che poi Murray saggiamente corregge e semplifica un po', ma non troppo. Darwin consegna stremato il manoscritto il primo di ottobre del 1859 e si rifugia a Ilkley: «Sono esausto e devo riposarmi [...] Idroterapia e il resto, forse tornerò ad essere un uomo».

Il «delitto» è compiuto, sotto forma di un evento letterario. Per la prima volta, la storia delle specie viene descritta come un processo naturale che non ha più bisogno di cause finali né di creazioni speciali. La polemica infuriò subito, con obiezioni scientifiche, filosofiche e teologiche che si accavallavano. Huxley soffiò sul fuoco. Persino la regina Vittoria ne sentì parlare. Non si fecero attendere i primi racconti, un po' esagerati, di celebri «duelli» fra evoluzionisti e creazionisti. Vi furono conflitti aspri con la «vecchia guardia» degli Owen e dei Sedgwick, ma a parte alcuni scontri proverbiali – i cui

resoconti sono stati forse un po' mitizzati – con illustri ecclesiastici come il vescovo di Oxford Samuel Wilberforce il 30 giugno del 1860, in occasione del trentesimo convegno della British Association for the Advancement of Science, le idee di Darwin circa il fatto dell'evoluzione furono ampiamente accettate dalla comunità scientifica e penetrarono rapidamente nella società inglese. Più incerte fortune ebbe invece, nei decenni successivi, l'impianto esplicativo di Darwin, in particolare la selezione naturale.

Con il senno di poi, il «clan dei dieci» difensori della nuova visione evoluzionistica – in testa Huxley, Hooker, Spencer e il fisico irlandese John Tyndall – fu più agguerrito e meglio organizzato degli oppositori. Con le loro opere seppero promuovere una vera e propria politica culturale ed educativa in difesa della rivoluzione darwiniana. Prima di morire, Darwin fece in tempo ad assistere alle interpretazioni (non sempre benevole) della sua opera da parte di grandi personaggi dell'epoca, da John Stuart Mill a Karl Marx, da John Herschel ad Alfred Tennyson, da Samuel Butler ai magnati dell'industria americana John D. Rockefeller e Andrew Carnegie. Il tempo che ci separa da quel 24 novembre ha apportato molti cambiamenti e aggiornamenti, ma soprattutto conferme sperimentali, al «lungo ragionamento» scientifico descritto nell'*Origine*. È curioso notare quanto invece siano rimasti invariati i toni e i contenuti delle polemiche religiose ingaggiate dalle generazioni di creazionisti e neocreazionisti che si sono poi succedute (non in Inghilterra), ricalcando talvolta fedelmente l'impianto della teologia naturale o semplicemente bollando le idee darwiniane di empietà (nel 1864 papa Pio IX emana il *Syllabus errorum*).

Lo scrittore Osip Mandel'stam nel 1932, a cinquant'anni dalla morte di Darwin, così descriveva il particolare stile di scrittura del naturalista inglese, comparandolo al contemporaneo Dickens e a talune forme musicali: «Se dovessimo paragonare *Sull'origine delle specie* a un'opera musicale, non è una sonata, né una sinfonia con i crescendo, con i suoi movimenti rallentati e tempestosi, ma piuttosto una *suite*. Brevi capitoli autonomi. L'energia dell'argomentazione si scarica in 'quantì', in fasci. Accumulo e resa, ispirazione ed espirazione, flussi e riflussi»^[3]. Nulla meglio di questa nota sul «bel tempo scientifico di Darwin», sul suo «raggruppare il dissimile, il contrastante, il diversamente colorato» – sull'evoluzione come in fondo essa stessa *suite*, successione e variazione sul tema – può descrivere meglio lo stile peculiare del volume che ha reso Darwin un'icona della scienza. Il suo «quotidiano della natura», il suo diario di viaggio fisico e mentale, è come «un giornale che ferve di vita e di fatti», nota Mandel'stam, e «la bandiera mercantile della flotta britannica sventola sulle pagine dei suoi lavori scientifici»^[4]. «Se

vogliamo definire la tonalità del discorso scientifico di Darwin, la definizione migliore sarà quella di *conversazione scientifica*. Non è la solita lezione accademica, e neanche un corso monografico. Immaginate un dotto giardiniere che accompagna gli ospiti per la sua tenuta e dia loro spiegazioni fermandosi tra le aiuole»[\[5\]](#).

2. Metodologia e struttura dell'«Origine»: il nocciolo variazione-selezione

Eliminando le note a piè di pagina e tralasciando di citare tutte le fonti (ma lamentandosi in più punti di non avere spazio a sufficienza per spiegare tutto), Darwin sceglie per la sua «conversazione scientifica» uno stile incisivo e suggestivo – non senza qualche involuzione di subordinate talvolta, ma con un incipit (dove confessa il suo inseguimento del «mistero dei misteri» fin dai tempi del Beagle) e una chiusa («vi è qualcosa di grandioso in questa visione della vita») memorabili – e organizza l'opera sostanzialmente in tre parti, seguendo una struttura teorica collaudata da tempo nei suoi appunti. A differenza di come probabilmente noi organizzeremmo oggi un lavoro scientifico di questo tipo (prima l'*explanandum* e poi il meccanismo causale sotteso), ed evitando la scelta già percorsa da Chambers di presentare l'evoluzione come un grande racconto, il naturalista inglese decise di presentare prima analiticamente il nocciolo esplicativo della sua teoria e poi i fenomeni che ne derivavano.

La mossa fu ben ponderata perché in questo modo egli sottolineò fin dall'inizio che la selezione naturale doveva essere un processo necessario date certe circostanze (le variazioni ereditabili e la lotta per l'esistenza) e che la trasmutazione delle specie nella discendenza comune poteva essere intesa solo alla luce di quel meccanismo. Subito la novità teorica, insomma, e poi la panopia di evidenze che la corroborano: non una massa di fatti prima e poi un'ipotesi esplicativa fra tante altre. Come testimonia la scelta dell'epigramma iniziale di Whewell, Darwin puntava alla delineazione delle «leggi generali» della storia della vita (che elenca nel capoverso conclusivo dell'opera) e alla costruzione di un unico lungo ragionamento complessivo («this whole volume is one long argument» è il celebre incipit del capitolo finale, dove riassume i capisaldi della sua teoria).

Così facendo, sembra voler scongiurare un'evenienza puntuale: che il lettore possa sì accettare l'evoluzione come un insieme di dati di fatto, ma non la sua spiegazione causale centrale, cioè la selezione naturale. Come vedremo, la preoccupazione era fondata, tanto che molti commentatori scissero in effetti la parte descrittiva del «lungo ragionamento» darwiniano da quella esplicativa. Ancor più profondamente, Darwin è alle prese con un problema epistemologico che già si era affacciato nei Taccuini giovanili: trovare una metodologia scientifica che fosse in grado di trattare dati storici relativi a sequenze di eventi del passato, per loro natura frammentari e soprattutto irripetibili. La deduzione di leggi e di cause che hanno

agito in epoche lontane può essere condotta sia direttamente sul record fossile (che però per Darwin è imperfetto e ancora inaffidabile) sia indirettamente estrapolandola da osservazioni sugli organismi moderni, ma in questo secondo caso occorre postulare l'invariabilità e l'uniformità dei meccanismi evolutivi operanti tanto nel passato quanto nel presente: da qui l'adesione all'attualismo di Lyell. Ma la deduzione storica richiede anche altro: la messa in ordine di differenti configurazioni di fenomeni attuali, intese come fasi sequenziali di un unico processo storico; la «confluenza di induzioni» (o «consilience» di Whewell) a partire da evidenze eterogenee ma coordinate per corroborare una spiegazione causale; l'analisi di indizi discordanti e imperfetti (come i tratti vestigiali) che sono il segno di una storia passata.

Da questa peculiare miscela di metodologia ipotetico-deduttiva e di accorgimenti induttivi nasce la struttura tripartita del suo programma di ricerca. Un'efficace introduzione fa da compendio all'intera opera e si conclude con un'affermazione molto sentita, secondo la quale «la selezione naturale è stata il più importante, ma non l'unico mezzo di modificazione». Darwin insistette molto sulla priorità causale ma anche sulla non esclusività della selezione naturale, perché la spiegazione evoluzionistica a suo avviso richiedeva schemi plurali, ciascuno con una propria importanza e frequenza relativa. A seguire, nella sesta e ultima edizione, la prima parte si articola in un capitolo dedicato alla variazione di animali e piante allo stato domestico (il «modello» della selezione artificiale, studiato da anni tra questionari per allevatori ed esperimenti casalinghi) e in un capitolo sulla variazione allo stato selvatico (che mostra la rispondenza fra il modello artificiale e la realtà concreta della variazione in natura, tanto esuberante nei suoi cirripedi e in ogni ambito del vivente da rendere incerta e arbitraria la definizione di specie).

Attraverso l'estrapolazione dalla selezione artificiale, ha così descritto il propellente necessario per far girare il motore della selezione naturale, rovesciando i presupposti dell'essenzialismo: la variazione individuale è il fattore centrale della realtà naturale, è onnipresente e rende sfumate le distinzioni fra varietà e specie. La nozione di queste ultime come «tipi ideali» viene abbandonata a favore di una definizione meramente convenzionale delle specie come etichette provvisorie e arbitrarie per nominare «gruppi di individui molto somiglianti fra loro». Non c'è soluzione di continuità tra varianti individuali, popolazioni divergenti, sottospecie e specie incipienti.

Quanto alle cause di questa variazione onnipervasiva, Darwin sembra consapevole del fatto che ancora gli sfuggono. La sua congettura, poi ripresa nel capitolo quinto, è che il sistema riproduttivo sia «altamente sensibile ai cambiamenti nelle condizioni

di vita»: in pratica, prima che avvenga l'unione, gli «elementi sessuali» di maschi e femmine verrebbero disturbati da influenze esterne accidentali e ciò determinerebbe la «condizione variabile o plastica che si riscontra nella prole». Non conoscendo l'esistenza del materiale genetico, è una discreta intuizione osservativa circa l'inesattezza della riproduzione. Qualunque siano le leggi della variazione (Darwin aggiungerà poi il principio lamarckiano dell'uso e del disuso, le correlazioni di sviluppo, l'azione diretta delle condizioni esterne) ciò che conta è che a ogni generazione nella prole emergono piccole variazioni.

Il dato empirico prioritario, dunque, è la permeanza della variazione. Ora serve il contesto ecologico, instabile, severo: la lotta per l'esistenza, descritta nel terzo capitolo, quello malthusiano. Non ci sono risorse né spazio per tutti e le variazioni fra individui determinano capacità di sopravvivenza differenziali, da cui discendono tassi di riproduzione differenti. Lievi variazioni vantaggiose comparse casualmente, se ereditabili, hanno più probabilità di diffondersi nella popolazione grazie al successo riproduttivo dei loro portatori, che si ritrovano leggermente meglio adattati al variare delle circostanze ambientali. È dunque un processo che avviene principalmente all'interno di ciascuna specie, in condizioni di permanente penuria di risorse rispetto alla tendenza naturale di ogni popolazione a proliferare.

Attenzione però: benché abbia usato spesso metafore come «la grande battaglia per la vita», Darwin tiene a precisare che «lotta per l'esistenza» è da intendersi «in un senso lato e figurato», giacché non implica necessariamente una «guerra» in senso umano, bensì «la reciproca dipendenza degli esseri viventi» e le rispettive capacità di vivere bene e di lasciare discendenza in un regime di competizione biotica (con altre specie) e abiotica (in habitat difficili). Per intenderci, è «lotta» per la sopravvivenza anche quella di una pianta solitaria ai margini del deserto. Si tratta dunque di un contesto di relazioni e di interdipendenze (una «rete di rapporti complessi»), non sempre di un'arena gladiatoria.

Completate le premesse iniziali, è il momento di enunciare il nucleo della sua teoria, la legge generale, presentata nel capitolo quarto con dovizia di esemplificazioni (reali e immaginarie, a riprova di come Darwin apprezzasse gli esperimenti ideali e i modelli): la selezione naturale, un meccanismo demografico, statistico, automatico, che non si limita a sopprimere gli individui aberranti per preservare i «tipi ideali» della creazione (come sostenevano già i teologi naturali), ma conserva, estingue, accumula, diffonde e fa fluttuare le variazioni, trasformando le specie. Non è solo un carnefice che elimina gli organismi che deviano da essenze fisse, ma un processo che

attivamente plasma le morfologie e modifica le popolazioni biologiche, a partire da un materiale (le varianti) generato indipendentemente.

Qui sta la sua specificità. È un incontro contingente fra due catene causali, quella interna delle variazioni individuali non direzionate e quella delle condizioni di esistenza esterne, anch'esse mutevoli. Ne risultano tratti e comportamenti adattativi che si trasformano incessantemente nelle popolazioni, per via del lento scrutinio delle «più lievi variazioni» fra individui. Quando gli organismi di due o più specie evolvono gli uni in relazione agli altri, si ha una «co-evoluzione», con produzione di «co-adattamenti» (come per insetti e piante). Se l'ambiente pone esigenze di sopravvivenza (o «pressioni selettive») analoghe, è possibile che animali non strettamente imparentati sviluppino adattamenti simili, per «convergenza adattativa». È un complesso di idee tanto semplice quanto difficile da digerire, per una ragione precisa: l'incontro contingente di due catene causali indipendenti (la variazione individuale nelle popolazioni e le condizioni esterne di esistenza, tra specie e specie, o tra specie e ambienti) esclude che il cambiamento evolutivo possa essere direzionato da spinte interne, o canalizzato verso un fine, o tantomeno progettato da una mente intenzionale.

3. Selezione naturale e principio di divergenza

Da questo processo ecologico continuativo e cieco di concorrenza individuale derivano anche l'estinzione e l'approfondirsi di divergenze tra gruppi di individui, sia nello stesso ambiente sia in ambienti separati, fino al punto di moltiplicare le specie che sono in grado di approfittare delle risorse di quello che oggi chiameremmo un «ecosistema». La selezione naturale ha infatti bisogno in Darwin di un'estensione nel «principio di divergenza» – concepito, abbiamo visto, nei primi anni Cinquanta – secondo cui gli ambienti naturali tendono a essere il più densamente abitati possibile da organismi in continua crescita e diffusione. Nel naturalista inglese è sempre presente l'idea che un contesto ecologico, sia esso selvaggio o addomesticato come un campo di grano, sarà tanto più sano e robusto quante più specie differenti conterrà: diffidare delle monoculture. In tutto ciò egli ravvede una sorta di legge di natura a beneficio della massima diversità e della divergenza dei caratteri. Ne consegue che i discendenti di ogni specie, in fase di trasformazione, cercheranno di assicurarsi «il maggior numero possibile di luoghi il più possibile diversificati nell'economia della natura». Le nuove varietà sostituiranno le vecchie e gli abitanti di quell'ambiente finiranno per divergere nei loro caratteri e comportamenti, dando origine a graduali separazioni di linee evolutive negli «alberi di discendenza» dei viventi, come quelli resi poi immortali nelle opere dello zoologo ed embriologo tedesco Ernst Haeckel.

Rispondendo a un'obiezione dell'ingegnere Fleeming Jenkin del 1867, Darwin sottolinea che la variazione e la selezione non incontrano limiti nel modificare lentamente una specie, la quale certo oppone resistenza in virtù delle sue strutture preesistenti ma è indefinitamente plasmabile dal mutare delle condizioni di vita. A chiusura del capitolo quarto compare dunque l'unico diagramma dell'*Origine*, un cono di diversità crescente raffigurante la graduale moltiplicazione e sostituzione delle specie per divergenza dei caratteri a opera della selezione naturale, anche se, precisa Darwin poche righe dopo, nella sesta edizione, «non credo che il processo si svolga sempre così regolarmente come è rappresentato nel diagramma [...] né che proceda continuativamente; è molto più probabile che ciascuna forma rimanga inalterata per lunghi periodi e che poi nuovamente si modifichi». La selezione è un meccanismo ecologico fluttuante, il cui protagonista è l'organismo immerso in un ambiente attivo, e Darwin sa che per spiegarla non è necessario ricorrere né a concezioni strettamente progressioniste di «adattamento» (come l'espressione «sopravvivenza del più adatto» potrebbe lasciar supporre) né a nozioni ontologiche di «casualità» (che per lui era solo una misura

dell'ignoranza circa le cause interne delle variazioni). Ciò che occorre è un rifornimento costante di variazione, una dose permanente di cambiamento ambientale e il principio di divergenza.

Su questo terzo puntello teorico, però, Darwin sembra consapevole del fatto che si tratta di una generalizzazione «macroevolutiva» un po' più speculativa. Essa infatti presuppone una tendenza generale al continuo incremento della quantità totale di viventi in una data regione, dovuta alla progressiva diversificazione a ventaglio delle specie che vanno a «riempire» tutte le lacune disponibili massimizzando il rendimento complessivo. È il vetusto principio della «pienezza della natura» – che già faceva capolino nella metafora dei cunei fittamente conficcati nello schema della natura – o anche un'ingegnosa trasposizione biologica del principio della divisione del lavoro e dei vantaggi della specializzazione teorizzato da Adam Smith. La «tendenza naturale a moltiplicarsi» porta a diversificare abitudini, strutture e nicchie ecologiche, in competizione con altre specie.

Ricordiamo che l'*explanandum* di Darwin nell'*Origine* è duplice: deve spiegare in termini di selezione naturale gli adattamenti degli esseri viventi, così vividamente descritti dai teologi naturali inglesi, e la diversificazione delle specie. Allora, proprio come nell'economia politica individualistica di Smith, temendo di dover introdurre agenti causali di livello superiore Darwin insiste nel ricondurre divergenza e pienezza della natura alla sola azione cumulativa della selezione naturale operante attraverso la lotta tra singoli organismi. È pertanto costretto a ipotizzare che in una specie in espansione la selezione, nell'assortimento di variazioni casuali, favorisca sempre le varianti più estreme e più divergenti (come fanno gli allevatori quando devono avviare la separazione di una nuova razza), quelle cioè adattate alle nicchie più periferiche, in un processo irreversibile di specializzazione che poi condurrà alla sostituzione delle specie progenitrici. Ecco perché nel diagramma dell'*Origine* le sole due specie di partenza che lasciano discendenti sono agli estremi della configurazione.

4. Il «lungo ragionamento» e il tema irrisolto del progresso

Evocata alla fine del capitolo quarto la similitudine dell'albero della vita (ventidue anni dopo la celebre pagina del Taccuino B, ma con un approccio ora decisamente diverso), la seconda parte della struttura argomentativa dell'*Origine* è dedicata rispettivamente:

- alle leggi della variazione (capitolo quinto, dove ammette che l'ignoranza al riguardo è profonda ma difende l'idea che la variazione sia spontanea e isotropa, in quanto proprietà necessaria dedotta dal meccanismo stesso della selezione naturale);

- all'approfondimento delle condizioni al contorno che permettono il funzionamento della selezione naturale nel separare le specie (come la sterilità dei primi incroci e degli ibridi, «risultato accidentale di differenze nel sistema riproduttivo delle specie progenitrici», a p. 339 dell'edizione italiana del 1967);

- all'estensione delle sue applicazioni (per esempio, ai comportamenti istintuali e alle facoltà mentali, nel capitolo ottavo, dove discute a lungo degli insetti eusociali);

- e alla proposta di ipotesi ausiliarie che permettano di superare alcune obiezioni potenzialmente critiche per la teoria (il capitolo settimo, sugli stadi incipienti di strutture complesse e sull'ipotesi di tendenze innate di cambiamento nelle specie; e il capitolo decimo, sulla «imperfessione della documentazione geologica» e sull'improvvisa comparsa di interi gruppi di specie affini).

Si tratta per certi aspetti della parte più disomogenea e «difensiva», dove cerca sia di proteggere il suo nucleo teorico (variazione ereditabile, lotta per l'esistenza, selezione naturale) e le assunzioni di base (l'organismo singolo come livello causale primario, l'esternalismo e il continuismo), sia di anticipare le prevedibili mosse degli avversari contro il suo gradualismo stretto, ora esteso anche alla scala del tempo geologico.

La terza parte affronta finalmente il fenomeno dell'evoluzione nella sua eterogeneità di evidenze empiriche, da leggersi ora attraverso la chiave esplicativa offerta dalla legge generale. I dati che Darwin presenta sono:

- paleontologici, cioè specie fossili estinte e specie viventi a confronto, in particolare la comparsa di specie simili ma non identiche nella stessa zona in ere geologiche differenti, segno palese di una parentela (capitolo undicesimo);

- biogeografici, in particolare gli schemi di vicinanza di forme tra loro simili, frutto di discendenza comune e di successivi spostamenti e dispersioni, o viceversa l'occupazione di nicchie ecologiche simili da parte di animali e piante diversi, e naturalmente il caso classico dei rapporti di parentela fra abitanti delle isole e abitanti del più vicino

continente (due capitoli interi sono dedicati alle distribuzioni geografiche, il dodicesimo e il tredicesimo, con una lunga trattazione sui mezzi di trasporto attraverso i quali gli organismi partendo dai continenti possono colonizzare le isole e lì evolvere in forme nuove a causa delle differenze ambientali);

– embriologici, cioè le somiglianze degli stadi precoci di sviluppo embrionale in animali differenti, indizio per Darwin del fatto che l'embrione di un animale evolutosi più recentemente «richiama», nei suoi primi stadi di trasformazione, i caratteri della forma adulta (e non a sua volta di quella embrionale, come invece sosterrà Ernst Haeckel con la sua «legge biogenetica fondamentale» del 1866) di animali più antichi nell'albero della vita (come pesci, anfibi e poi rettili rispetto ai mammiferi) (capitolo quattordicesimo);

– e infine quelli forse più importanti, i dati morfologici o strutturali, il fatto cioè (già ben noto) che gli esseri viventi presentano «omologie» di struttura molto marcate (per esempio negli arti di tutti i vertebrati), con superficiali modificazioni successive, come se in natura fosse disponibile un insieme limitato di schemi morfologici e di «piani corporei» fondamentali e poi avvenissero soltanto variazioni sugli stessi temi. La spiegazione per tutto ciò non può che essere per Darwin genealogica, cioè la discendenza con modificazioni: le strutture omologhe sono la prova di una provenienza da forme ancestrali comuni, sulle quali ha poi agito il processo di selezione naturale al variare delle condizioni ambientali contingenti.

Alla luce di queste evidenze, conclude Darwin alla fine del capitolo sesto e poi nel quattordicesimo, «unità di tipo» (le strutture morfologiche ereditate) e «condizioni di esistenza» (le pressioni selettive esterne) sono le «due grandi leggi» del cambiamento evolutivo, laddove sono però soltanto le prime a garantire la possibilità di affidabili classificazioni sistematiche dei viventi. È infatti l'omologia strutturale profonda «l'anima» della storia naturale: gli arti superiori di un uomo, di una talpa, di un cavallo, di un delfino e di un pipistrello sono ingaggiati per funzioni del tutto diverse, ma presentano «lo stesso modello», le stesse ossa nelle stesse posizioni reciproche, segno di una discendenza comune. Al contrario, i parallelismi, le convergenze di adattamenti simili (come il sonar nei pipistrelli e in alcuni uccelli, o gli occhi, evolutisi per almeno sei volte separatamente) e le «somiglianze analogiche» funzionali sono ingannevoli, perché sembrano testimoniare una parentela stretta fra due specie quando invece si sono sviluppati indipendentemente in rami non contigui dell'albero della vita. Questa distinzione fra somiglianze funzionali superficiali e affinità strutturali profonde, fra tratti di base e caratteri derivati, è ancora oggi un fondamento delle ricostruzioni filogenetiche.

Se è così, significa inoltre che il processo di selezione naturale non è onnipotente, ma deve scendere a compromessi con il materiale a disposizione, che è pieno di vincoli interni e di limiti fisici. La selezione può «migliorare» gli organismi solo rispetto a «condizioni organiche e inorganiche di vita» contingenti, non ambire a una perfezione ingegneristica ottimale. L'adattamento è un concetto relativo e il passato lascia i suoi segni sotto forma di imperfezioni e stranezze. Lo testimoniano anche i numerosi tratti rudimentali o vestigiali (descritti nel capitolo quattordicesimo della sesta edizione) che persistono nelle morfologie organiche pur recando «l'impronta dell'inutilità»: occhi atrofizzati e ali dismesse sono un altro segno della storia, l'inerzia di parentele lontane, strutture in disuso che i processi di selezione naturale tollerano oppure riutilizzano.

Se dunque la metafora più calzante per il processo di selezione naturale non è l'ingegneria, ma il bricolage, e il marchio di fabbrica della storia naturale è l'imperfezione, un altro tassello fondamentale della teologia naturale viene a cadere. Darwin era a tal punto sicuro della necessità di scindere la sua teoria da qualsiasi coloritura finalistica che il termine stesso «evoluzione» – usato una volta soltanto, come verbo, alla fine dell'*Origine* – lo lasciava perplesso, essendo già stato adottato tecnicamente alla metà del Settecento per descrivere lo «sviluppo» dell'individuo in senso preformistico, qualcosa cioè che si srotola o svolge (dal latino *evolvere*) lungo una direzione programmata. Un dispiegamento di forme già iscritte fin dall'inizio, e con un esito adulto necessario, era esattamente l'idea che voleva evitare per descrivere le trasformazioni delle specie (Gould, 1977). Preferì sempre i termini più neutrali di «mutamento» o «discendenza con modificazioni», anche perché negli anni in cui scriveva le sue opere l'uso comune della parola «evolution» in Inghilterra era associato proprio al succedersi progressivo di forme lungo un processo di perfezionamento dal semplice al complesso. Sarà infatti poi Herbert Spencer il principale propagandista del termine «evoluzione», in un senso progressionista che avrà poco di darwiniano e molto di lamarckiano.

Il fatto che il padre della «teoria dell'evoluzione» non volesse usare il termine «evoluzione» è un chiaro indizio della sua convinzione che nella storia naturale non vi fosse alcuna direzione né alcun piano preordinato, ma un gioco di compromessi fra leggi generali e dettagli contingenti: «la selezione naturale non include necessariamente uno sviluppo progressivo, essa unicamente si avvantaggia delle variazioni che sorgono e che sono utili a ciascuna creatura nelle sue complesse relazioni di vita» (*Origine*, ed. it. cit., 1967, p. 189). Non vi è infatti alcunché di direzionale né nella variazione né nei mutamenti ambientali. Ciò è tanto vero che «forme basse e semplici perdureranno

a lungo se bene adatte alle loro semplici condizioni di esistenza» (ivi, p. 193) e animali che hanno raggiunto elevati stadi di complessità possono persino accomodarsi a condizioni più semplici di vita se ciò risulta vantaggioso in termini di selezione naturale. Come scriverà con chiarezza nell'Introduzione a *Variazione degli animali e delle piante allo stato domestico* del 1868, «non vi è alcuna innata o necessaria tendenza negli animali a progredire nella scala di organizzazione».

Tuttavia, alcune timide concessioni all'irresistibile metafora del progresso vittoriano compaiono quando Darwin solleva lo sguardo sugli scenari ecologici più ampi delle trasformazioni delle specie, dove talvolta fanno capolino i riferimenti a progressioni e «tendenze verso la perfezione». Ciò è dovuto al ruolo centrale affidato dal naturalista inglese ai processi di competizione biotica (all'interno di una specie e tra specie diverse), in ambienti saturi di esseri viventi che concorrono per le risorse e per lo spazio (il principio dei «cunei»): un continuo movimento per restare al passo dell'ambiente e dei propri simili, come insegna la Regina Rossa di Lewis Carroll. Ne discende la possibilità di prefigurare l'evoluzione come un successo differenziale di specie «più progredite», oltre che di organismi, con un «miglioramento» costante nell'«organizzazione delle forme di vita più recenti e vittoriose». Ma poi subentrano subito le cautele: questo presunto progresso su larga scala è solo una «sensazione vaga e mal definita», e in ogni caso non vi è «alcun modo per verificare questo tipo di processo».

Per le stesse ragioni Darwin concepì il lato negativo ma indispensabile del cambiamento, l'estinzione, come un processo graduale di declino nella competizione biotica (con sostituzione finale da parte di altre specie) o più raramente nella competizione abiotica (soprattutto se l'habitat cambia troppo rapidamente), rifiutando risolutamente l'ipotesi di cataclismi improvvisi o di ecatombi di massa e associando l'estinzione a un'inadeguatezza adattativa e competitiva. Se la concorrenza in ambienti affollati è il fuoco che temprava le specie, gli animali che sono riusciti a resistere all'estinzione e sono rimasti pressoché simili a se stessi per lunghissimi periodi di tempo disobbedendo al principio della Regina Rossa (Darwin li definisce «fossili viventi») sono casi particolari dovuti all'adattamento ad aree ristrette e a una minore competizione. Dunque la spiegazione darwiniana può prevedere anche fenomeni di stasi evolutiva.

5. Strutture e funzioni: il problema del 5% di un'ala

Come abbiamo visto Darwin non usa mai argomenti di esclusività, nemmeno per la selezione naturale, preferendo affidare le sue spiegazioni a una miscela di schemi plurali e valutando poi caso per caso la frequenza relativa di un «pattern» esplicativo rispetto a un altro. Ciò vale per i ritmi del cambiamento, per i processi di speciazione, per le unità di evoluzione, e soprattutto per l'intreccio di fattori funzionali e strutturali nel definire l'adattamento. L'*Origine* trabocca di descrizioni di «finissimi adattamenti» e co-adattamenti fra gli organismi. Il mondo naturale ne è pieno, poiché il processo di selezione è in grado di agire sulle più minute «sfumature di differenze» nelle strutture e nei comportamenti: «l'impronta di un'arte» analoga, ma di gran lunga superiore, a quella degli allevatori. Tuttavia, il concetto pre-evoluzionistico, e di etimologia tendenzialmente teleologica, di «ad-attamento» (una forma mirabilmente «atta a» svolgere una funzione) nascondeva un'insidia teorica, che preoccupava Darwin a tal punto da indurlo ad aggiungere l'equivalente di quasi due interi capitoli (nell'ultima edizione) solo per questa ragione. L'adattamento funzionale è il fenomeno centrale dell'evoluzione, segno tangibile dell'azione modellante del processo di selezione, ma non è quantificabile e va maneggiato con cura se non si vuol ricadere in interpretazioni finalistiche.

Per anni Darwin si arrovellò nel tentativo di capire, in particolare, in che modo la selezione naturale potesse render conto degli stadi intermedi di organi molto complessi, come un occhio o un'ala, secondo la famosa obiezione dello zoologo, suo ex sostenitore, Saint George J. Mivart. Ne venne fuori con un'ipotesi continuista che oggi si è rivelata vincente. Darwin comprese la delicatezza della questione dell'adattamento (ereditata da Paley) e concentrò il suo impegno di osservatore sui particolari curiosi, sugli «espedienti» e su quelle strutture evolutesi in modo bizzarro da forme ancestrali differenti. La scoperta della straordinaria ingegnosità del processo attraverso cui in natura i materiali vengono riciclati è un altro tratto distintivo del naturalista inglese, che nel suo studio analitico sulle orchidee del 1862 elencherà un'incredibile varietà di quelli che, nella metafora di Darwin, sono espedienti (*contrivances*) elaborati da questi vegetali per attirare su di sé gli insetti e garantire le fecondazioni incrociate.

Restava tuttavia il problema che il concetto di adattamento, e a maggior ragione quello di «più adatto», era scivoloso e ambiguo, poiché sembrava designare sia il processo di graduale accomodamento alle circostanze ambientali per opera della selezione naturale sia il prodotto provvisorio di tale processo, cioè il singolo «tratto» adattativo. Inoltre, un'accezione troppo stringente di adattamento

progressivo rischiava di porre in contraddizione fra loro due principi altrettanto indispensabili per la teoria dell'evoluzione: da una parte, la continuità graduale del cambiamento, che si accumula di generazione in generazione; dall'altra, la presenza costante e necessaria di una ragione funzionale per ciascuna struttura di fase in fase, che sia «visibile» dalla selezione e offra un «vantaggio», per quanto infinitesimale. Com'è possibile infatti che ingranaggi così sofisticati e delicati come quelli di un occhio possano essere stati costruiti, passo dopo passo, dal processo di selezione naturale? Quale vantaggio poteva avere l'inizio di un occhio o il 5% di un'ala, visto che l'uno non ha come effetto il vedere né l'altro il volare? Il 5% di una mimetizzazione non serve certo a nascondere una preda al suo predatore. Era forse necessario rinunciare alla gradualità ipotizzando che questi adattamenti si fossero sviluppati tutti d'un colpo, a causa di una forza interna o seguendo certi piani strutturali prefissati, oppure immaginare che la natura fin dall'inizio volesse costruirli proprio in quel modo in vista della loro utilità futura, reintroducendo così surrettiziamente le cause finali nell'evoluzione?

Si trattava di due soluzioni egualmente inaccettabili per lo scopritore della selezione naturale. Nel capitolo intitolato «Difficoltà della teoria» Darwin inserisce un intero paragrafo sugli «organi di estrema perfezione e complessità», nel quale ammette onestamente il problema, per poi tornarci nel capitolo settimo. Come farà notare nuovamente il paleontologo statunitense Edward D. Cope nel 1887, la selezione naturale sembra incapace di render conto dell'evoluzione degli stadi incipienti di strutture particolarmente elaborate, dove molte parti devono interagire fra loro in un'«organizzazione» e dove la mancanza di un componente rischia di far fallire qualsiasi vantaggio adattativo.

Che questa potesse essere «la maggiore difficoltà di tutta la mia teoria» – cioè spiegare come il processo di selezione avesse trasformato le strutture organizzate «conservando le relazioni fra le loro parti» – il naturalista inglese lo aveva peraltro già scritto, abbiamo visto, nel Taccuino C del 1838. Pochi mesi dopo, nel Taccuino E, riflettendo sui «curiosi meccanismi di respirazione dei crostacei», si era lasciato attrarre da uno spunto contenuto nella *Storia naturale dei crostacei* di Henri Milne-Edwards del 1834, dove l'autore fa notare che in questi casi è meglio non ipotizzare che «un organo nuovo sia stato introdotto ad hoc», bensì che un'appendice di formazione più antica sia stata «in parte deviata dalla sua destinazione ordinaria e leggermente modificata nella sua conformazione per divenire capace di adempiere alle sue nuove funzioni».

Erano dunque trascorsi decenni di meditazioni su questo punto e finalmente nel 1872 Darwin avanza alcune ipotesi esplicative che si

riveleranno interessanti, per quanto speculative fossero al suo tempo. La prima spiegazione è la più prevedibile ed è preceduta da «la ragione mi dice che». Dopo aver ammonito che il detto «vox populi vox dei» non si applica alla scienza, che è spesso controintuitiva, sostiene che il processo di selezione procede nella costruzione dell'organo attraverso una lunga serie di trasformazioni continue, di variazioni ereditarie e di stadi intermedi di evoluzione, ciascuno dei quali utile a chi lo possiede. Così si passa, attraverso «numerosi gradazioni», da un occhio semplice e imperfetto a uno complesso e perfetto. Darwin, tuttavia, non sembra del tutto soddisfatto. In questa prima ipotesi ausiliare, l'utilità attuale e l'origine storica coincidono, ma forse non è necessario che ciò avvenga sempre.

Quel che conta è che vi sia una continuità nel successo riproduttivo differenziale, cioè nell'azione della selezione naturale sulle popolazioni di organismi, e non tanto una continuità nella funzione assunta dal singolo organo. L'abbozzo di un'ala potrebbe benissimo aver svolto una funzione diversa da quella del volo ed essere quindi «pre-adattata» (come si dirà nel Novecento), e non direttamente adattata, al volo. L'utilità attuale di un carattere viene quindi scissa dalla sua origine storica. Gli stadi incipienti di una struttura devono aver portato un qualche vantaggio riproduttivo ai loro possessori, che poi è stato «convertito» opportunisticamente in un beneficio differente al mutare delle condizioni locali di specie in specie. È dunque possibile che gli stadi primitivi e intermedi di strutture attuali non avessero la funzione che poi assumeranno.

Questa seconda soluzione viene seguita, nell'argomentazione darwiniana, da un corollario non meno importante: se le funzioni cambiano, significa che nell'evoluzione non è scontato che vi sia una stabile corrispondenza «uno a uno» fra una struttura e una funzione. Meglio tollerare una certa ridondanza. Una singola funzione potrà essere svolta da più organi, di modo che, all'occorrenza, uno di questi possa essere «cooptato» e specializzato per nuovi utilizzi senza che la fitness complessiva dell'organismo ne risenta. Viceversa, un singolo organo potrà espletare più funzioni, alcune soltanto marginali, ma pronte per essere «reclutate» all'occasione. Torna quindi la dicotomia fondamentale fra «unità di tipo» (cioè il segno della discendenza inscritto nelle strutture profonde dei viventi) e «condizioni di esistenza» esterne, che attraverso la selezione naturale plasmano di volta in volta adattamenti funzionali. La conclusione di Darwin – che rimane in questo fedele alla tradizione funzionalista inglese – è che la priorità causale vada alle condizioni di esistenza (la «legge più alta»), perché i vincoli strutturali ancestrali sono a loro volta figli di «adattamenti anteriori» ereditati, e dunque le unità di tipo vanno ricomprese entro una spiegazione storica funzionale.

Quella che nei dibattiti pre-darwiniani era un'opposizione tra principi inconciliabili di spiegazione delle forme organiche diventa ora una dialettica storica tra funzioni e strutture, con priorità causale assegnata alle prime. Antichi adattamenti diventano oggi vincoli strutturali. A loro volta, i vincoli strutturali possono essere ingaggiati nello svolgere nuove funzioni adattative. Parti dell'organismo favorite in virtù di una certa funzione ancestrale vengono «riadattate» o cooptate per funzioni nuove, eventualmente incrementando la loro complessità strutturale. La continuità è salva, perché è plausibile che la funzione ancestrale continui a essere soddisfatta anche quando la nuova funzione sta subentrando, e poi prevalendo, in virtù di nuove pressioni selettive. L'ipotesi di Darwin è quindi che sia fondamentale considerare la «probabilità di conversione da una funzione all'altra». L'importanza di questo principio di «Functionswechsel» sarà uno dei temi privilegiati della sua corrispondenza con il biologo marino tedesco Anton Dohrn, fondatore nel 1872 della Stazione Zoologica internazionale di Napoli.

Il 5% di un'ala dunque non si è evoluto «per» volare né la struttura alare è comparsa all'improvviso pronta all'uso. È stata piuttosto convertita più volte attraverso ingegnosi e contingenti riusi – diversi di filogenesi in filogenesi, ma anche ricomparsi più volte per convergenza adattativa – dalla termoregolazione alla corsa o al volo planato, e da questo al volo battuto. Può persino capitare di pensare che le suture del cranio siano un ottimo adattamento per il parto nei mammiferi (favorendo esse la flessibilità in uscita), ma quando scopriamo che sono presenti anche in rettili e uccelli, i quali devono soltanto uscire da un uovo rotto, ci rendiamo conto – nota Darwin (*Origine*, ed. it. cit., 1967, p. 255) – che quella caratteristica deve essersi prima formata per ragioni legate alle «leggi dello sviluppo» e solo in seguito fu «ingaggiata» nei mammiferi come adattamento secondario. Quindi a ben guardare la comparsa di un certo tratto può anche non essere adattativa, ma dipendere da vincoli strutturali, da effetti collaterali, dalle correlazioni di crescita e da tutte «le variazioni che non sono né utili né nocive».

È una visione complessiva dell'evoluzione e delle sue strategie di cambiamento di notevole modernità anche rispetto alle conoscenze attuali, improntata com'è alla pluralità di soluzioni possibili, all'interazione tra forze interne ed esterne, all'intreccio di fattori molteplici, non soltanto selettivi. Darwin ora appare soddisfatto delle sue ipotesi aggiuntive, al punto da impegnarsi (anche troppo) in una predizione rischiosa iper-gradualistica: «Se si potesse dimostrare l'esistenza di un qualsiasi organo complesso che non possa essersi formato attraverso modificazioni numerose, successive, lievi, la mia teoria dovrebbe assolutamente cadere. Ma non riesco a trovare alcun

caso simile» (ivi, p. 242). In realtà oggi sappiamo che mutazioni non così «numerose, successive e lievi» sono un'importante realtà evoluzionistica, soprattutto se legate ai processi di sviluppo, ma non per questo la selezione perde la sua centralità e la teoria deve «assolutamente cadere».

6. Predizioni rischiose

Quella della complessità di organi come gli occhi non è la sola predizione rischiosa in cui si cimentò Darwin, come quando predisse che sarebbe stato scoperto un «proto-uccello» e nel 1863 fu annunciato il rinvenimento dell'*Archaeopteryx*, o come quando inferì l'esistenza di una falena mai osservata prima in Madagascar a partire dallo studio della morfologia di un'orchidea custodita ai Kew Gardens di Londra (e la falena fu effettivamente scoperta, proprio con le fattezze che aveva previsto, quarant'anni dopo la sua morte). Lo schema esplicativo del «co-adattamento» tra due specie, insetto e pianta, lo aveva portato in questo caso a predire l'esistenza di una forma di vita mai osservata prima. In altri frangenti le sue predizioni rischiose, e dunque falsificabili, servirono per rispondere alle obiezioni e per rimarcare quelle che considerava le parti costitutive, e indispensabili, della sua architettura teorica. Con alterni risultati, ma sempre con onestà intellettuale, portava fino in fondo le conseguenze delle sue argomentazioni, anche quando si rivelavano impegnative per sé e per gli altri.

In certi frangenti, nell'*Origine*, sembra quasi nutrire un sentimento di comprensione indulgente nei confronti di coloro che faticano a capire la sua spiegazione antifinalistica. Sa che la sfida al senso comune e ai nostri vincoli cognitivi profondi è ardua, quasi che ragione e immaginazione entrassero in conflitto a ogni passaggio: «è indispensabile che la ragione vinca l'immaginazione, ma io ho sentito troppo acutamente queste difficoltà per essere sorpreso dell'altrui esitazione a estendere così largamente il principio della selezione naturale» (ivi, p. 241). È infatti «quasi inevitabile» per noi paragonare l'occhio al telescopio, cioè a un artefatto intenzionale: siamo «portati naturalmente» a stabilire questa analogia fuorviante. Abbiamo insomma menti teleologiche e la spiegazione darwiniana, così impregnata di dettagli contingenti e di leggi non deterministiche, è difficile da accettare.

Ma non può certo gettare la spugna adesso: è dagli anni Trenta che sta pensando al suo «delitto» di lesa maestà. Darwin sa che la forza del suo ragionamento risiede nella potenza chiarificatrice del meccanismo scoperto (la selezione naturale) e nella convergenza di induzioni eterogenee, le quali da campi così diversi – biogeografia, paleontologia, embriologia, morfologia (Darwin le definisce «classi indipendenti di fatti») – concordano nel suggerire che lo schema più parsimonioso e attendibile per capire la fenomenologia naturale è la discendenza con modificazioni. Attraverso esperimenti mentali ed esercizi controfattuali, ha poi gioco facile nel concludere che questo è l'unico «pattern», l'unica struttura esplicativa, in grado di render conto

di una tale vastità di fenomeni. Come già nei Tacuini, per vincere la corrente contraria dell'immaginazione intuitiva, Darwin mescola in modo peculiare argomentazioni ipotetico-deduttive, induzioni convergenti e inferenze verso la spiegazione migliore.

Il suo pluralismo non è additivo, poiché le spiegazioni e le ipotesi che avanza non sono né autonome né tutte allo stesso livello: le sue idee sono state accolte sì in modo spaiato, ma la storia del pensiero evoluzionistico ha poi mostrato che avevano una loro stretta coerenza. Alcune asserzioni (costituenti il nucleo variazione-selezione) sono essenziali per il mantenimento della struttura portante della teoria, mentre ad altre (come il gradualismo stretto) si può oggi in parte rinunciare senza con ciò negare i fondamenti della sua spiegazione. Quindi è più corretto sostenere che Darwin ha fondato non una «teoria», ma un «programma di ricerca scientifico» composto da asserzioni osservative e da generalizzazioni teoriche, da pattern plurali dotati ciascuno di frequenze relative, disposto secondo un nucleo centrale indispensabile e una cintura protettiva più fluida. Una struttura siffatta può essere soggetta a revisioni ed estensioni anche profonde, ma pur sempre coerenti con il suo nocciolo esplicativo centrale.

Ma Darwin sa anche che la sua spiegazione, per quanto goda di un'altissima probabilità di essere corretta, non è in grado di padroneggiare completamente la multiformità dei processi naturali che pure ha osservato: ci sono fenomeni anomali, rispetto alle sue previsioni, ed enigmi ancora da decifrare. Sapeva, per esempio, che i primordi della vita in quanto tale sfuggivano alla sua analisi e che sul tema si potevano soltanto avanzare congetture e «analogie», benché di gran moda negli anni Settanta dell'Ottocento. Questo atteggiamento faceva parte della sua allergia ai problemi «ultimi» e alle domande relative alle «origini prime» dei fenomeni evolutivi (fossero essi le capacità mentali primordiali, o la sensibilità alla luce, o la variazione stessa). L'evoluzione ha a che fare con il cambiamento, non con i presunti inizi assoluti delle cose. La generazione spontanea non aveva alcuna prova. La vita doveva essere nata da qualche parte in un tiepido brodo primordiale, non appena le condizioni di raffreddamento della crosta terrestre lo avevano permesso, ma Darwin oscillò a più riprese fra ipotesi poligeniste (quattro o cinque progenitori per gli animali, e pochi di meno per le piante) e ipotesi monogeniste più radicali (un solo antenato comune universale, come «prototipo» per le forme viventi e possessore primigenio di ciò che tutte hanno in comune, cioè struttura cellulare, chimica di base, materiale genetico). Dato che la monofilia della vita, che ha avuto tante prove a suo favore, deve oggi confrontarsi con l'idea di una reticolazione alla base dell'albero della vita, e che il problema di per

sé non è evoluzionistico (giacché la spiegazione evoluzionistica presuppone già l'esistenza di unità di evoluzione) bensì biochimico, le prudenze di Darwin appaiono più che giustificate.

Rintuzzò inoltre con minore efficacia le critiche di chi gli faceva notare l'assenza, nella documentazione paleontologica, di quella estrema gradualità di cambiamento e di successione di «forme di transizione» che lui ipotizzava, ricorrendo all'ipotesi *ad hoc*, già inaugurata nei Taccuini, secondo cui la mancanza di gradualità era da imputare all'imperfezione e alla frammentarietà dei dati geologici (tema su cui si dilunga nell'*Origine* nel capitolo decimo). Questa penuria di forme intermedie gli appare come «forse la più evidente e la più seria obiezione che può essere mossa alla mia teoria». Ma non aveva molte alternative al suo tempo per non considerare l'adagio di Leibniz e di Linneo *natura non facit saltum*, evocato nel capitolo conclusivo, come una condizione necessaria affinché il processo di sopravvivenza differenziale conservasse il suo potere di setacciare e accumulare piccole variazioni. Non gli bastava più la continuità storica del cambiamento evolutivo (senza salti o creazioni speciali): si convinse di dover ipotizzare un gradualismo stretto non più soltanto nelle trasmutazioni tra stadi intermedi a livello di generazioni, ma anche alla scala massima del tempo geologico; in pratica, un uniforme, lentissimo ritmo di trasformazione a tutti i livelli.

Così trovò ipotesi *ad hoc* anche per la subitanea comparsa delle prime faune pluricellulari nel Cambriano, sostenendo che la loro «esplosione» era solo apparente, un artefatto dovuto alla mancanza di sedimentazione delle parti dure degli organismi complessi che avevano abitato gli immensi periodi di tempo corrispondenti agli strati geologici precedenti. Anche qui volle però rischiare fino in fondo e giunse a predire che, nel caso in cui si fosse eventualmente scoperto che l'imperfezione del record fossile pre-cambriano non esisteva, l'intera sua teoria sarebbe stata confutata: «Chiunque si rifiuti di ammettere l'imperfezione dei documenti geologici, dovrà respingere tutta la mia teoria» (*Origine*, ed. it. cit., 1967, p. 426). In realtà, si sbagliava doppiamente: in primo luogo perché i dati paleontologici, nonostante i capricci della fossilizzazione, non erano affatto come le poche pagine strappate da un libro, ma stavano raccontando la verità (oggi sappiamo che le transizioni rapide di faune, le speciazioni «punteggiate» e le estinzioni di massa catastrofiche si stagliano nella storia naturale come imponenti fenomeni reali); in secondo luogo perché la continuità di azione della selezione naturale, da una parte, e l'esistenza di alcune tipologie di speciazione rapida e di estinzioni trasversali, dall'altra, non sono in contraddizione e non richiedono di «respingere tutta la sua teoria», bensì di rivederla e di integrarla con nuovi fattori.

Il fatto è che non poteva conoscere i complicati meccanismi genetici della speciazione, nonostante avesse scelto come titolo proprio «l'origine delle specie». La concezione nominalistica di specie lo porta a sottovalutare quella connessione tra isolamento geografico e isolamento riproduttivo che pure aveva intravisto nei Taccuini (suggerita poi anche dal naturalista Moritz Wagner, citato nel capitolo quarto) e che oggi è il fondamento della nozione biologica discreta di specie. Per le stesse ragioni è obbligato a spiegare come possa la selezione avere l'effetto di favorire per gradi successivi la sterilità fra gli individui di due varietà che stanno diventando due specie distinte. Come può la sopravvivenza differenziale favorire un tratto anti-riproduttivo di questo tipo? Wallace aveva affrontato il tema dell'ibridismo considerandolo un adattamento a livello della specie (che preserva così la sua integrità), una soluzione inaccettabile per chi come Darwin vedeva di norma il soggetto della selezione nel singolo organismo e non in entità di livello superiore. A suo avviso la sterilità dei primi incroci e degli ibridi nelle specie incipienti non era da considerare una proprietà innata delle specie stesse, né un adattamento diretto, bensì un effetto collaterale di altri tratti adattativi divergenti, in particolare nei sistemi riproduttivi delle varietà in fase di separazione.

7. *Un problema in piccolo e un problema in grande*

Proprio il sistema riproduttivo era per lui un orizzonte osservativo assai difficile da travalicare. Non seppe infatti districarsi fra i problemi concettuali sollevati dalla sua teoria, errata, circa le cause di trasmissione dei caratteri. Non sapendo che cosa fosse un gene o un cromosoma (i lavori di Gregor Mendel degli stessi anni non attirarono la sua attenzione), era convinto che l'ereditarietà avvenisse per «pangenesi», cioè attraverso il mescolamento di gemmule nel sangue. Ipotizzando questa fusione di particelle riproduttive, però, qualsiasi novità adattativa che emergesse in una popolazione verrebbe subito «diluata» negli incroci con gli altri e si perderebbe a causa della riproduzione sessuale, un'osservazione già implicita nella critica di tipo statistico all'efficacia della selezione naturale avanzata da Fleeming Jenkin.

Anche il fatto che la variazione fosse «casuale» era allo stadio di mera intuizione osservativa: le cause interne della variazione gli apparivano oscure, ma la condizione stringente affinché la selezione naturale non perdesse il suo valore di meccanismo direttivo era che la variazione derivasse da un'insorgenza spontanea e autonoma, non istruita direttamente dall'ambiente. Le pressioni adattative non fanno emergere automaticamente variazioni all'uopo, secondo percorsi preferenziali o tendenze, ma è la sopravvivenza differenziale che filtra varianti di per sé intrinsecamente non direzionate. Dunque la variazione doveva essere per Darwin abbondante, di lieve entità, isotropica e non direzionale. Tuttavia, per dare più incisività alla variazione stessa non disdegnò di recuperare a più riprese le idee di Lamarck sugli effetti ereditabili dell'uso e del disuso, sulla trasmissione di caratteri acquisiti e sul possibile ruolo delle «condizioni di vita» nel modulare la variabilità degli organismi (per quanto sottoposta comunque, è bene ricordare, al vaglio della selezione naturale).

Nonostante questi e altri tentennamenti circa l'ereditarietà, l'idea che la variazione emergente nelle popolazioni di organismi fosse «non direzionata» nel senso di priva di un piano preordinato, e che dunque non fosse rintracciabile nella storia naturale alcun disegno provvidenziale e alcun principio finalistico, era sempre ben salda nella sua mente e lo si nota dalla sua corrispondenza privata. Le variazioni hanno cause (fisico-chimiche) e correlazioni di sviluppo, ma non scopi. Fu dunque sempre abbastanza scettico nei confronti dei tentativi – come quello dell'amico botanico americano Asa Gray – di rendere compatibile la sua teoria con versioni aggiornate e rivedute della teologia naturale. Un'analoga diffidenza, su tutt'altro versante, rivolse ai tentativi, spesso maldestri, di applicare le sue teorie alla

società umana, all'economia e a tutto lo scibile, come fecero in maniere diverse Spencer ed Haeckel.

Ma la predizione più rischiosa di tutte fu senz'altro quella relativa all'età della Terra, perché dovette sfidare la maggiore autorità delle scienze dure britanniche, il matematico e fisico scozzese William Thompson, poi noto come Lord Kelvin, collega e amico di Jenkin. I calcoli del tempo trascorso dalla formazione del pianeta e dalla sua solidificazione fino a oggi portavano infatti i fisici dell'epoca a cifre incompatibili con i lunghissimi eoni geologici previsti dall'attualismo di Lyell, e di riflesso dal continuismo gradualista di Darwin. Valutando i ritmi di raffreddamento e di irradiazione del calore nello spazio esterno, la Terra non poteva essere più vecchia di cento milioni di anni e probabilmente non aveva più di trenta milioni di anni d'età. Tutto ciò era incompatibile, secondo Lord Kelvin, con un processo lento di discendenza con modificazioni per opera della selezione naturale.

Darwin accusò il colpo (lo ammise nel capitolo conclusivo dell'*Origine*) e cercò di sottrarsi all'«odioso spettro» di Kelvin e Jenkin con ipotesi *ad hoc* un po' malferme, sostenendo che forse le specie per evolversi non avevano avuto bisogno di così tanto tempo come supposto. Aveva anche fatto in precedenza qualche timido tentativo di proporre calcoli alternativi di tipo geologico, basandosi sui valori medi di erosione annuale di alcune scogliere, senza successo. Alla fine concluse che la durata reale del tempo era una questione irrisolta e che occorrevano migliori dati, ma ammise che un potente sfondamento all'indietro dell'età della Terra (almeno dieci volte superiore ai trenta milioni di anni scarsi di Kelvin) era indispensabile per tenere in piedi la sua teoria. Si portò questo cruccio nella tomba, ma la predizione era corretta, perché agli albori del nuovo secolo la scoperta della radioattività permise ai fisici di capire che la presenza di una sorgente interna di calore doveva far retrodatare di molto l'arco di vita del pianeta. Così la Terra riconquistò non milioni, ma miliardi di anni di età e lo scenario maestoso del «tempo profondo» spalancò i suoi spazi di possibilità per l'evoluzione darwiniana.

5. Le opere antropologiche

Affinché le sue tesi siano accettate in prima istanza dai suoi mentori scientifici, Darwin nell'*Origine* si limita prudentemente a un solo cenno fugace all'evoluzione umana mentre discute, nella conclusione, delle possibili applicazioni del continuismo evoluzionistico alla psicologia (disciplina da ricostruire su «nuove fondamenta») e in particolare allo studio dello sviluppo delle facoltà mentali «per gradi successivi». A metà tra l'auspicio e l'allusione, aggiunge: «si farà luce sull'origine dell'uomo e sulla sua storia». L'interesse crescente per il fenomeno della selezione sessuale e il recupero dei vecchi Taccuini «metafisici» di gioventù, scritti tra il 1838 e il 1839, lo indussero intorno al 1867 a intraprendere finalmente il suo «saggio sull'uomo», la cui stesura come al solito tracimò e sfociò, nel 1871, in *L'origine dell'uomo, e la selezione in rapporto al sesso*, e l'anno successivo in *L'espressione delle emozioni nell'uomo e negli animali*, due opere che fecero a lungo discutere la comunità scientifica e non solo.

La prima soprattutto era stata a lungo attesa dal suo pubblico, al punto da essere stata in parte anticipata da Huxley nel 1863 in *Il posto dell'uomo nella natura*, da Wallace nel 1864 in un articolo importante dal titolo *L'origine delle razze umane e l'antichità dell'uomo dedotte dalla teoria della Selezione Naturale* e da Haeckel nel 1865 con l'ipotesi dell'antenato «pitecantropo». Sulle «prove geologiche dell'antichità dell'uomo» aveva ormai scritto anche Lyell nel 1863. Ora venivano però esposte compiutamente le idee darwiniane sulla discendenza della specie umana da forme di primati ancestrali, sulla cuginanza stretta (e non la discendenza diretta) fra gli esseri umani e alcune scimmie antropomorfe (in particolare gorilla e scimpanzé, con i quali condividiamo gli antenati comuni più recenti), sull'origine africana di *Homo sapiens*, sul ruolo della selezione sessuale, sull'evoluzione dell'intelligenza umana e del senso morale e religioso a partire dagli istinti sociali negli animali.

I meccanismi evolutivi individuati nell'*Origine* vengono applicati estesamente agli adattamenti umani: bipedismo, dieta, crescita del cervello, utensili, facoltà mentali. Inoltre, le prove evoluzionistiche raccolte nella terza parte dell'*Origine* (le strutture omologhe, gli stadi di sviluppo embrionale simili, i tratti vestigiali, rudimentali o riadattati) venivano ora estese con rigore metodologico al mammifero umano, comparato alle altre forme animali. Nonostante il prolungarsi delle ritrosie (fino al 1867 temeva di non avere in mano prove

sufficientemente persuasive), rinfrancato da un clima culturale più maturo, Darwin aveva così infine deciso di attaccare anche la «cittadella» inviolata della mente umana da un punto di vista naturalistico, una mossa che altri evoluzionisti come Wallace non se la sentirono di seguire. Darwin lo fa con il suo libro più narrativo, più vittoriano, una saga evoluzionistica maltusiana, dove c'è tutto il gentiluomo di campagna e il suo rapporto con la società inglese.

1. Il paradosso di Wallace e il naturalismo di Darwin

Nonostante i nervosismi emersi durante l'organizzazione della comunicazione congiunta della teoria dell'evoluzione per selezione naturale, il primo luglio del 1858 alla Linnean Society, la formulazione indipendente della teoria non aveva dato adito ad alcuna polemica di priorità con il collega, poiché Wallace fu pronto a riconoscere che Darwin vi lavorava da più tempo, fornendone peraltro una struttura esplicativa più articolata. Ma i rapporti rischiarono di incrinarsi dieci anni dopo, quando nel 1869 la corrispondenza fra i due cominciò a essere perturbata da quella che Wallace definiva vagamente la sua «eresia». Smentendo quanto scritto pochi anni prima, aveva iniziato a postulare alcune limitazioni di principio al potere della selezione naturale, in particolare per quanto riguarda la specie umana: si era convinto che il cervello e altre caratteristiche umane, come la mano e gli organi del linguaggio, non potessero essere spiegati attraverso un meccanismo selettivo. Questi caratteri sono presenti negli indigeni non civilizzati – e dovevano esserci già nei progenitori dell'uomo moderno – a uno stadio molto più sviluppato di quanto non richiedesse la loro lotta per la sopravvivenza: l'apparizione di queste speciali facoltà doveva quindi aver richiesto l'intervento primigenio di un'intelligenza superiore.

Secondo gli storici, la rinuncia di Wallace al naturalismo metodologico fu dovuta al suo bisogno di garantire un fondamento al libero arbitrio nell'agire umano e al crescente interesse, a partire dal 1865, per lo spiritismo, una corrente spiritualista che suscitò l'interesse e colpì la curiosità di numerosi scienziati nella seconda metà dell'Ottocento. Lo ammise lo stesso Wallace in una lettera a Darwin del 18 aprile 1869. Egli tentò anche di coinvolgere altri scienziati della sua cerchia, con scarsi risultati. All'invito a partecipare a una seduta spiritica, Huxley rispose con il suo solito sarcasmo: «Non mi sono mai interessato ai pettegolezzi in vita mia e il pettegolezzo disincarnato, come quello che questi rispettabili fantasmi forniscono ai loro amici, non suscita in me maggiore interesse.» Anche Darwin venne coinvolto nel dibattito e il suo commento non fu meno drastico: «Dio abbia misericordia di tutti noi, se dobbiamo credere in queste sciocchezze».

La reazione stupita e delusa di Darwin rispetto alla «metamorfosi regressiva» di Wallace mostra plasticamente la sua coerenza nell'applicazione estensiva del naturalismo metodologico, senza eccezioni. Ovvero, anche in assenza di evidenze empiriche sufficienti per formulare ipotesi scientifiche sull'evoluzione di un dato comportamento, non vedeva per ciò stesso alcuna necessità di far rientrare in gioco cause soprannaturali: così stai uccidendo nella culla,

scrisse a Wallace, la nostra prediletta teoria. Il giovane filosofo e matematico americano Chauncey Wright – che nonostante la prematura scomparsa avrà un ruolo importante nel movimento pragmatista e intrattenne con Darwin una corrispondenza epistolare intensa e reciprocamente proficua – criticò efficacemente le posizioni di Wallace nel 1870, prefigurando altresì, insieme al naturalista George J. Romanes, il discepolo degli ultimi anni a cui forse Darwin fu più affezionato, un programma di ricerca per lo studio comparativo della storia naturale della mente umana che tarderà quasi un secolo prima di essere ripreso e valorizzato.

È importante infatti ricordare quanto il «paradosso di Wallace», selezionista su tutto tranne che per le facoltà intellettuali e morali dell'uomo, abbia avuto successo in seguito, divenendo un «argomento per eccezione» di tipo discontinuista che ancora oggi non cessa di essere evocato in chiave anti-naturalistica da chi pensa che la coscienza introspettiva umana o il linguaggio articolato non possano, di fatto e in linea di principio, trovare una spiegazione evoluzionistica a causa della loro intangibile e inarrivabile complessità. L'imprevista svolta spiritualista di Wallace rafforzò invece in Darwin i propositi di includere tutto ciò che è umano nella sua visione evoluzionistica e antifinalistica. Non sarà sorpreso, quindi, dalle reazioni di ostilità che *L'origine dell'uomo* fece scattare in critici come il cattolico Mivart o in irriducibili come Richard Owen, pur non suscitando in generale le stesse reazioni dell'*Origine delle specie*. Proprio in una lettera a Mivart, prima che i rapporti fra i due si deteriorassero, aveva confidato: «Mi rendo conto che quando pubblicherò il mio libro andrò incontro alla disapprovazione generale, se non all'esecrazione. La verità è difficile da conquistare, per quanto si possa tentare di farlo».

2. Una natura piena di emozioni

La sua «verità difficile da conquistare» risiedeva precipuamente nel naturalismo materialistico – integrale e concettualmente sofisticato – con il quale Darwin affrontava il fenomeno umano nella sua interezza, senza sconti. Era un programma di lavoro dirompente della cui necessità non si era convinto lentamente e faticosamente nel corso di una vita, poiché lo troviamo già delineato a tutto tondo nei Taccuini ai quali affida le sue «ricerche metafisiche» e lo studio delle espressioni emotive nel 1838, non ancora trentenne, oltre che nelle note sul senso morale e nei commenti alla teologia naturale dello stesso periodo. Si tratta quindi di una componente costitutiva della visione darwiniana e non di un'applicazione tardiva, benché le due opere antropologiche abbiano visto la luce poi soltanto nel 1871 e 1872. Il progetto darwiniano si fonda su una sequenza interpretativa che può essere sintetizzata in tre passaggi: continuità nella discendenza comune; gradualità nell'evoluzione; diversità nei risultati.

Il punto di appiglio, già dai tempi delle osservazioni su oranghi e babbuini a Regent's Park alla fine degli anni Trenta, era stata la constatazione dell'evidente condivisione sia di strutture muscolari sia di espressioni facciali nella manifestazione delle emozioni primarie da parte dei primati e degli esseri umani, sia cuccioli sia adulti. Dalle scimmie agli animali domestici, dai cavalli agli uccelli, tutti gli esseri senzienti provano e condividono piacere, dolore, disprezzo, gelosia, ira, paura, tristezza, amore. Per associazione abituale, per antitesi o per azione diretta del sistema nervoso, il processo di evoluzione per selezione naturale e sessuale ha fissato queste espressioni nel nostro patrimonio biologico e comportamentale, anche se magari oggi non hanno più alcuna utilità. Più le emozioni sono istintive, automatiche, insopprimibili, inconsce e comuni a tante specie, più la loro sedimentazione evolutiva deve essere profonda. Nel mondo della psicologia comparata di Darwin l'estensione e la condivisione delle competenze emotive e delle capacità cognitive sembra non trovare ostacoli: non vi è prerogativa un tempo ritenuta esclusiva della specie umana che non trovi un corrispettivo, un omologo o un precursore in altre specie. Le scimmie sono filosofe a modo loro, i cani possiedono stati mentali complessi al limite della coscienza di sé, gli uccelli hanno doti imitative e mnemoniche formidabili, gatti cani e cavalli sono sognatori incalliti, molti altri animali sanno usare strumenti, sanno ingannare, mentire, simulare persino la loro morte. Anche una planaria, a modo suo, è per Darwin un essere cosciente di sé, che prende decisioni.

Opponendosi a ogni forma di dualismo delle sostanze, Darwin afferma che le emozioni non hanno alcunché di immateriale:

scaturiscono dal corpo e sono comuni a tutti gli esseri viventi; comunicano attraverso azioni uno stato biologico e psicologico interno, reale, in modi che variano da specie a specie (attraverso smorfie, ghigni, risate, corrugamenti della fronte e dei sopraccigli, gesti, movimenti, sbadigli, suoni involontari come gemiti e sospiri) conservando tuttavia molti elementi comuni; sono legate all'azione e alle decisioni del soggetto, che in esse manifesta anche la sua indole, i suoi sentimenti e la sua immaginazione. Non solo, come già aveva teorizzato il fisiognomo svizzero Johann Lavater negli anni Settanta del Settecento, per Darwin le emozioni, eccitanti o deprimenti, sono anche il brodo di coltura per le capacità superiori della mente (conoscenze e immaginazione) e per il senso morale (come nel rossore della vergogna), non essendovi alcuna dicotomia, nel cervello, fra una razionalità astratta da una parte e il mondo irrazionale delle emozioni corporee dall'altra. L'universalità delle emozioni nell'uomo non esclude, poi, che in culture diverse esse possano sviluppare divergenze specifiche. Si tratta quindi di una visione integralmente naturalistica (la mente è una funzione specifica della struttura del cervello e non se ne separa ontologicamente) e al contempo plurale, giacché integra fattori diversi, biologici e culturali.

Le ipotesi darwiniane sull'espressione delle emozioni si inseriscono nel solco della continuità più stretta fra animali e specie umana, a seguito di un processo in cui ogni tratto non deve essere necessariamente «utile» in ogni momento e dove anzi molti tratti (per esempio nella muscolatura facciale) potrebbero essere stati ereditati come inerzie del passato o cooptati per svolgere nuove funzioni. Inizialmente concepite come terza parte integrante dell'opera sull'uomo, queste ricerche furono descritte da Darwin come un «trastullo», un passatempo, un argomento curioso che meritava tuttavia di essere trattato scientificamente. I risultati del trastullo darwiniano si trasformarono in un'opera troppo a lungo sottovalutata, nonostante il fuoco di paglia del successo di vendite iniziale, e oggi considerata un capolavoro ritrovato dell'etologia.

La continuità naturale stretta fra le modalità di espressione delle emozioni basilari negli animali e negli esseri umani viene mostrata, con dovizia di esempi e di comparazioni, ricorrendo a osservazioni comparative fra i primati e l'uomo, a osservazioni sui bambini, all'uso scientifico pionieristico della fotografia per valutare le espressioni facciali, allo studio dei comportamenti dei malati di mente (che suo padre curava e conosceva bene) e alla comparazione fra le espressioni delle emozioni nelle diverse popolazioni umane. Rifiutando gli argomenti creazionisti sostenuti da Charles Bell nel 1806 in *Anatomy and Physiology of Expression*, circa la presenza di «strutture anatomiche speciali» per le espressioni facciali umane, Darwin spiega il formarsi di

una graduale diversità, pur nella continuità, fra le emozioni umane e quelle animali, interrogandosi per la prima volta non soltanto sulle cause prossime (cioè fisiologiche, meccaniche) del «come» le emozioni vengono espresse, ma anche sulle cause remote (cioè evoluzionistiche) del «perché» certe espressioni sono esibite in un modo, essendo risposte sedimentatesi nel corso di una storia naturale che le ha rese «effetti ereditari sulla mente».

Domandandosi allora quali adattamenti il processo di selezione naturale potesse aver favorito nell'espressione delle emozioni umane, giunge a una conclusione che oggi ha recuperato consensi e attualità: l'equipaggiamento emotivo animale non è stato rivoluzionato sotto il profilo strutturale nell'uomo, ma dal punto di vista funzionale ciò che aveva un senso adattativo per le grandi scimmie o per progenitori ancora più antichi può non averlo più, o averne uno completamente diverso, in *Homo sapiens*. Nella genealogia animale degli psichismi, da adattamenti prevalentemente sessuali e pre-verbali si è passati a funzioni più comunicative, ma origine storica e utilità attuale, nell'evoluzione delle emozioni, non coincidono. Dunque la preistoria della mente emotiva umana è popolata di vestigia, di stratificazioni intricate, di antichi condizionamenti che si riaffacciano, di riassortimenti. Ancora una volta, l'evoluzione è intesa come un «bricolage» flessibile di strutture e di funzioni, nella continuità di un processo che non ha salti ontologici, né rubiconi qualitativi, né spartiacque di alcun tipo.

3. Storie naturali della mente

Nel Taccuino M, a p. 84, aveva scritto: «Colui che comprende il babbuino darà alla metafisica molto più di Locke». La continuità e la gradualità del processo di acquisizione naturale di tutti i comportamenti e di tutte le facoltà umane, in quanto adattamenti o riadattamenti, si estende in Darwin oltre i confini delle emozioni e coinvolge il linguaggio e l'intelligenza, che non possono essere nemmeno essi il frutto di una «creazione speciale». Tutti gli animali comunicano e le espressioni di potenzialità emotive precedono il linguaggio come latori di messaggi sociali. Dunque anche i linguaggi si sono evoluti in una sequenza continuativa di diversificazioni, seguendo le esigenze dell'ambiente fisico e sociale, talvolta differenziandosi anche, nelle specie con una vita sociale complessa, da gruppo a gruppo.

Le radici comuni della competenza adattativa di comprendersi attraverso linguaggi pre-verbali fa sì che anche tra specie diverse si possa ancora oggi comunicare, come accade tra umani e scimpanzé, tra i padroni e gli animali domestici. Il linguaggio articolato umano, pur nella sua spiccata unicità, non presenta per Darwin alcuna discontinuità qualitativa rispetto al resto del mondo naturale. La tesi non godrà di alcuna fortuna fino a tempi recenti, ma già nel Taccuino M era espressa con chiarezza: «Come spesso si dice, c'è una grande distinzione tra il linguaggio dell'uomo e quello di tutti gli altri animali, ma non sopravvalutiamola: gli animali comunicano tra loro» (p. 97).

Quanto all'intelligenza – per Darwin non una facoltà astratta, ma «una modificazione dell'istinto» che rende capaci di mostrarsi flessibili in situazioni incerte – è anch'essa distribuita per gradi e sfumature in natura, tanto che è ben difficile applicare a essa aggettivi di «superiorità» o «inferiorità» in quella o in quell'altra specie. Le intelligenze sono diverse a modo loro e dipendono da storie contingenti: in fatto di coesione sociale, per esempio, nessuno può competere con l'intelligenza delle api. Esiste anche un'intelligenza vegetale, capace di percezione, movimento, orientamento. Con un'asserzione che gli costerà una celebre vignetta satirica, si spinge a dire che non vi è alcuna soluzione di continuità tra l'intelligenza umana e i «poteri mentali» del verme che sta alla radice dell'albero genealogico dell'uomo. Né l'intelligenza dipende certo dalle dimensioni della massa cerebrale: basti pensare a ciò che sa fare la formica con «quel suo meraviglioso atomo di materia» racchiuso nella testa. Se anche altri animali hanno il senso dell'individualità e della proprietà, capacità astrattive e di ragionamento, resta poco margine per un'eccezionalità umana assoluta, mentre si apre un intero campo

di indagine per squadrare la diversità di *Homo sapiens*, unico a modo suo come è unica ogni altra specie.

Anche l'intelligenza richiede ovviamente un'indagine circa le cause remote e il ruolo della selezione naturale. Non basta registrare parentele, affinità e diversità odierne. In tal senso, non esistono capacità intellettive, né doveri morali, che possano essere distillati e separati da elementi sensibili, dall'esperienza, da una discendenza comune. Nel Taccuino M, a p. 128, aveva sfidato un'altra porzione del pensiero occidentale: «Platone dice nel Fedone che le nostre 'idee necessarie' derivano dalla preesistenza dell'anima e non sono originate dall'esperienza. Leggi scimmie al posto di preesistenza». Nell'*Origine dell'uomo* argomenta lungamente le sue tesi circa la storia naturale continuativa della coscienza morale: in animali dotati di istinti sociali molto sviluppati, l'evoluzione dell'organizzazione cerebrale fa emergere la coscienza, da cui scaturisce la possibilità di giudizi etici e di un vero e proprio senso morale. La specificità umana, radicata nella materia in evoluzione e senza più alcuna finalità intrinseca, deve molto per Darwin alla nostra straboccante socialità: siamo individui coscienti perché immersi da sempre in un ricco contesto comunitario che ha plasmato e trasformato i nostri istinti sociali.

In questo modo conquista la sua centralità nel sistema di pensiero darwiniano la nozione di istinto, mutuata in parte dalla lettura giovanile di David Hume, ovvero di un'istanza interna profonda – né sentimentale né razionale, né buona né cattiva di per sé ma ambivalente – che riemerge dal tempo lungo della storia naturale e muove all'azione: un impulso di origine adattativa che Darwin definisce come «ragione dimenticata» o sedimentata, una ragione animale sentita come cogente e viva anche se non verbalmente e logicamente argomentabile. Si prova piacere a obbedire ai propri istinti. Il loro fondamento non sta tanto nell'affidabilità delle scelte che inducono, attraverso un calcolo dell'utile, quanto nella loro evoluzione continuativa all'interno della peculiare socialità di ogni specie. Questi marchi latenti, in quanto di per sé inconsci, sono indelebili e condizionano il comportamento e i giudizi di valore consci: dagli istinti sociali derivano quindi – nella specie umana, «animale sociale» per eccellenza – i costumi della società e il senso morale.

La mente e la coscienza hanno dunque una storia, ed è una storia naturale, sociale e culturale al contempo. Senza soluzioni di continuità, Darwin è infatti transitato qui dall'evoluzione biologica a quella culturale, conservando i medesimi meccanismi esplicativi. La seconda però, una volta impiantata, non è affatto un'ancella della prima: al contrario, può persino influenzarla, come nel caso del cervello sociale del cane che diventa più simile a quello dell'uomo in

virtù della condivisione di un medesimo contesto culturale (il che non accade con il cervello dello scimpanzé, benché sia nostro cugino più stretto). La consapevolezza di ciò che è giusto o ingiusto è spiegata dalla persistenza degli istinti sociali – in particolare quello della «simpatia» verso l'altro da sé – nel corso della storia della specie. Tuttavia, nulla impedisce che gli istinti preesistenti nell'animale sociale evolvano ancora grazie a fattori culturali e soprattutto alla crescita di importanza della reputazione nelle relazioni sociali. La natura insomma in Darwin è popolata da molte menti, ciascuna con una propria storia e con specifici co-adattamenti sia innati sia acquisiti.

In questa soglia naturalistica tra biologia e cultura si inserisce anche l'indagine darwiniana sull'evoluzione dei sentimenti religiosi e sul libero arbitrio, di nuovo influenzata da Hume. Il legame di un cane con il suo padrone, o di una scimmia con il suo guardiano, ha una tale profondità emotiva e una tale complessità ambigua di sentimenti (dipendenza, riverenza, gratitudine, amore, sottomissione) da assomigliare per certi aspetti alla devozione religiosa che altre intelligenze rivolgono verso un essere non in carne e ossa come il padrone, ma trascendente. La mente umana potrebbe poi aver aggiunto una particolare predilezione per l'estensione delle relazioni di causa-effetto, per cui a partire dai fenomeni sensibili, di causa in causa, si finisce per avvertire la necessità insopprimibile di una causa prima. Si tratterebbe quindi di un'impressione della mente nata da una disposizione naturale e istintuale, poi mediata culturalmente, il liberarsi dalla quale è tanto difficile quanto «per una scimmia liberarsi dalla paura e dall'odio che nutre istintivamente per il serpente», scrive Darwin in uno dei passi dell'*Autobiografia* inizialmente espunti dalla moglie Emma.

Se le scelte morali sono condizionate dal corpo e dal cervello, dal contesto sociale e dalla storia evolutiva, «e ogni azione è determinata dalla costituzione ereditaria, dall'esempio degli altri e dal loro insegnamento» (scriveva Darwin nel Taccuino M a p. 27), si è portati a dubitare della realtà del libero arbitrio, soprattutto se poggianti su ipotesi di esistenza di anime immateriali. Ma la naturalizzazione darwiniana non si ferma e la libertà (per quanto mai incondizionata) trova la sua ragion d'essere, come in Hume, nell'analogia con il margine di casualità concesso dall'evoluzione materiale e dalle sue leggi: «il caso regola la caduta di una moneta, il libero arbitrio determina il fatto di lanciarla» (*ibid.*). Esisteranno dunque gradazioni naturali anche della libertà (al punto da fantasticare sul «libero arbitrio dell'ostrica»), modulate dai suoi effetti in termini di selezione naturale in ambienti differenti.

4. La selezione sessuale e le razze umane

Per capire la natura umana, tuttavia, non basta il solo meccanismo selettivo sospinto dalla sopravvivenza differenziale e dagli interessi riproduttivi, quello che poi, nota Darwin, ci abbandona una volta superata l'età fertile e ci espone a molte malattie. Occorre considerare anche altri processi selettivi, centrati direttamente sulla riproduzione, almeno nell'ampia fetta del mondo naturale a riproduzione sessuata. Darwin osserva infatti che molti caratteri si sono sviluppati negli organismi non per garantire una migliore sopravvivenza rispetto ai consimili, ma grazie a un vantaggio direttamente riproduttivo. Anzi, spesso questi caratteri hanno forme ed espressioni così costose e ingombranti da pregiudicare persino le possibilità di sopravvivenza dei portatori. Mentre nella selezione naturale il successo riproduttivo differenziale è una conseguenza della capacità di sopravvivere meglio e di raggiungere l'età riproduttiva, nella «selezione sessuale» si compete direttamente per il successo riproduttivo.

È un tema che in Darwin è andato acquisendo importanza crescente e che occupa la seconda parte dell'*Origine dell'uomo* con casistiche minuziose. Le corna maestose, le zanne feroci e la stazza di un maschio offrono un vantaggio nella lotta con altri maschi – a volte simbolica, a volte realmente violenta – per la conquista delle femmine attraverso selezione intrasessuale. In modo meno gladiatorio, un'enorme quantità di caratteri «estetici» – dai canti alle danze di esibizione, dai colori del manto ai piumaggi sgargianti – ha invece la funzione di rendere più attraenti alcuni maschi di altri al cospetto delle potenziali partner: in questo caso sono le femmine a scegliere attivamente con chi accoppiarsi, per selezione intersessuale. In un caso e nell'altro, il premio della selezione (tra maschi e maschi, o nella scelta delle femmine) è direttamente il successo riproduttivo. Oggi sappiamo che alcuni maschi di insetto arrivano al punto di rimuovere dal tratto genitale femminile il liquido seminale lasciato da altri partner.

In questi fenomeni di competizione riproduttiva e di selezione sessuale rinveniamo una forza complementare rispetto alla selezione naturale: la strategia è adattativa rispetto alla riproduzione, anche se può essere lesiva rispetto alla sopravvivenza. Tuttavia il meccanismo a tre stadi – variazione, ereditarietà e selezione – è lo stesso della selezione naturale e in entrambi i casi si tratta di una competizione tra individui della stessa specie. La selezione intrasessuale sarà tanto più aggressiva quanto minore è il numero di maschi che si accoppiano con più femmine. Nei pochi casi di «poliandria», il dimorfismo sessuale sarà invertito: dimensioni e ornamenti per conquistare il maschio saranno esibiti dalle femmine. Dove invece la monogamia promuove

la comunione dei beni e degli interessi, la selezione sessuale avrà un'influenza inferiore. Come ci sono molte menti in natura, così ci sono molte strategie sessuali e riproduttive.

Non vi è ancora oggi una spiegazione univoca del perché le femmine comincino a sviluppare in una specie le loro a volte bizzarre preferenze, scatenando l'esibizionismo maschile. La spiegazione più plausibile rimane quella secondo cui il carattere prescelto nel maschio viene selezionato perché conferisce un qualche vantaggio (è una garanzia della sua salute); la scelta femminile rafforza la selezione aggiungendovi il vantaggio nell'accoppiamento; i due vantaggi si moltiplicano esponenzialmente a tal punto che il carattere in questione, per esempio la coda del pavone, viene sviluppato ben oltre le necessità di sopravvivenza e al prezzo di qualche rischio di predazione. Quando la selezione sessuale prevale su quella naturale, il carattere diventa disadattativo perché il vantaggio nell'accoppiamento sopravanza il costo in termini di sopravvivenza. A quel punto qualsiasi femmina che tornasse sui suoi passi preferendo compagni più modesti verrebbe scoraggiata dalla selezione perché i suoi figli maschi sarebbero condannati a non riprodursi. Dunque introducendo la selezione sessuale Darwin apre la spiegazione evoluzionistica alla possibilità pluralistica che i tratti adattativi siano il frutto di pressioni selettive multiple, complementari e talvolta anche antagoniste, che trovano di volta in volta compromessi fra loro.

Per Darwin la selezione sessuale ha avuto un ruolo centrale nell'evoluzione di numerosi comportamenti, preferenze e predisposizioni umane. Essa è inoltre la principale responsabile, insieme alle condizioni ambientali, della definizione dei caratteri sessuali secondari nella specie umana, nonché della separazione in «razze umane» esteriormente differenti, anche se il naturalista inglese nutriva dubbi sull'affidabilità di questa nozione nel caso specifico della specie umana. Notò infatti che le classificazioni razziali variavano radicalmente da studioso a studioso e che presentavano molte incertezze, quasi fossero più un modo pregiudiziale di classificare la diversità umana che non cesure discrete di una realtà oggettiva. Il termine era comunque ben presente nel lessico naturalistico dell'epoca, tanto che anche il sottotitolo dell'*Origine delle specie* faceva riferimento in generale alla «conservazione delle razze favorite nella lotta per la vita». Darwin resta quindi persuaso che le razze umane differiscano per indole fisica e mentale, e che i selvaggi siano fermi a uno stadio di sviluppo primitivo. È anche paternalisticamente dell'idea che se aiutati questi nostri simili sfortunati avrebbero tutti i mezzi per migliorarsi e per raggiungere la civiltà.

5. Il darwinismo sociale di Darwin

Su questi temi, e sulla «influenza della selezione naturale nelle nazioni civili» (come recita un passaggio dell'*Origine dell'uomo*), Darwin appare spesso contraddittorio, se interpretato con le lenti anacronistiche dell'oggi. In quelle pagine si trovano crude affermazioni circa le disparità e i conflitti tra popoli, la cui durezza è tipica del senso comune delle classi dominanti dell'impero britannico di quegli anni, anche se urta le sensibilità attuali: leggiamo di tribù più dotate che soppiantano le altre; di nazioni civili che stermineranno inesorabilmente le barbare; degli inadatti che periscono naturalmente nella lotta per la sopravvivenza sociale; e del rischio paventato che il progresso civile, l'assistenza e le vaccinazioni mitighino troppo gli effetti della lotta per l'esistenza fra individui portatori di disparità innate, seminando indolenza e fiacchezza. Ai più capaci andrebbe dato modo, commenta Darwin, di esprimere il proprio talento e di avere il maggior numero di figli, mentre è sconsigliabile che questi si uniscano con i meno dotati e meno sani, solitamente più prolifici. Ciò che per Darwin era un esercizio di pensiero (poiché la realizzazione pratica di queste indicazioni sarebbe a suo avviso contraria alle più nobili facoltà umane della compassione e della simpatia) per il cugino Francis Galton – viaggiatore e promotore di studi sistematici di biometria e antropometria – diventeranno linee programmatiche da tradurre, a partire dal 1883, in proposte di «miglioramento genetico» e di controllo sociale della riproduzione (eu-genetiche) che incontreranno poi favori nelle legislazioni di diversi paesi avanzati e di diversa estrazione politica.

Eppure, poche righe oltre, l'universalità dell'espressione delle emozioni primarie in ogni essere umano e una pletora di altri caratteri condivisi inducono Darwin a teorizzare la discendenza di tutte le razze umane da un gruppo fondatore comune, quasi una fratellanza di specie sotto l'egida dell'innata «simpatia» e della parte più nobile della natura umana (Desmond, Moore, 2009). In certi passaggi sembra privilegiare la costituzione biologica ereditaria delle virtù, in altri la prevalenza di fattori culturali come la reputazione, l'opinione pubblica, buone leggi e un'istruzione accurata. L'intelligenza delle donne è più intuitiva e imitativa (e «alcune almeno di queste facoltà sono caratteristiche delle razze inferiori») e gli uomini raggiungono in media una maggiore eccellenza in tutti i campi, ma poi è la scelta femminile ad averci plasmato tutti. I matrimoni con soggetti inadatti e intemperanti non s'hanno da fare, ma al contempo Darwin non condivide le nuove tecniche di controllo delle nascite. La concorrenza è sempre un bene, ma le nazioni più civili sono quelle che smettono di sterminarsi fra loro come selvaggi. La lotta temprava i gruppi, ma la

coscrizione militare ha effetti deleteri perché elimina i giovani più gagliardi. La scomparsa dei nativi all'arrivo dei colonizzatori europei è inevitabile, ma anche triste. È fuori discussione che gli energici e audaci inglesi siano il popolo più evoluto, ma lo sfruttamento coloniale lo disturba e la schiavitù gli pare dai tempi del Beagle un autentico obbrobrio.

Queste palesi oscillazioni si alternano a improvvisi scorci rivelatori. La distribuzione geografica delle razze sembrava per esempio indicare a Darwin che i caratteri esteriori umani non fossero adattamenti a una condizione climatica particolare, né che avessero alcuna utilità in termini di sopravvivenza: si riscontrano caratteri simili in regioni molto diverse e, viceversa, caratteri molto diversi si osservano nella stessa regione. Wallace aveva cercato di spiegare l'origine e l'apparente stabilità delle differenze fisiche tra le razze umane – colore della pelle, capelli, forma degli occhi, ecc. – attraverso la sola azione della dura selezione naturale in tempi remoti. Eppure, notava Darwin, gli eschimesi non presentano differenze fisiche molto rilevanti rispetto agli abitanti della Cina meridionale, benché i primi vivano in un clima freddo e si nutrano quasi esclusivamente di animali, mentre i secondi vivono in un clima caldo arido e hanno una dieta prevalentemente vegetariana. Responsabile di questi tratti (dalla barba al colore della pelle, dalla perdita del pelo fino alle diversità di espressioni linguistiche) doveva essere la scelta sessuale, maschile o femminile, come per la coda del pavone. Oggi sappiamo che alcune delle differenze «antropometriche» fra i popoli della Terra sono in effetti dovute a fattori ambientali, oltre che alla selezione sessuale, ma è interessante notare che la perplessità di Darwin circa la realtà e la plausibilità delle «razze umane» era motivata dall'osservazione del carattere continuo e promiscuo della variazione dei tratti umani. Un'intuizione che anticipa i dibattiti attuali.

6. Il paradosso dell'altruismo

Anche in campo antropologico non mancarono in Darwin paradossi esplicativi spinosi e predizioni rischiose dall'esito incerto. Come abbiamo visto, già quando «l'albero della vita» stava prendendo forma nei suoi Taccuini privati, Darwin scopriva la logica continuativa e graduale del processo selettivo e modificava così la sua prospettiva circa le trasformazioni delle specie, precedentemente interpretate come brusche transizioni fra entità discrete, fisicamente e geograficamente separate. Per alimentare la «tendenza a piccoli cambiamenti» nella lotta per l'esistenza, minuscoli vantaggi cumulativi sono sufficienti per dare carburante al motore della selezione. Le specie e le varietà lentamente si spingono e si scacciano l'un l'altra come cunei conficcati in un tronco.

Nel pur inoppugnabile potere esplicativo della selezione naturale si nasconde però un'altra potenziale debolezza, di cui Darwin era consapevole, dato che per essere efficace il processo di selezione richiede due restrizioni teoriche importanti: 1) una stretta continuità generazionale, unita in Darwin all'uniformità graduale nel ritmo di discendenza e di cambiamento nelle popolazioni; 2) un vantaggio precipuamente individuale, immediatamente apprezzabile, per quanto labile, che possa lentamente accrescere la frequenza di una variante in una popolazione in virtù del tasso differenziale positivo di riproduzione dei suoi portatori. In sintesi: gradualità e «interessi» individuali. La selezione agisce solo «per il bene degli individui», troviamo scritto a più riprese nell'*Origine*.

Nessuna interazione fra specie differenti può dunque essere all'insegna di un'altruistica gratuità o reciprocità, poiché la sopravvivenza differenziale riguarda soltanto gli interessi concorrenziali dei singoli individui all'interno di una specie: «La selezione naturale non può produrre modificazioni in una specie esclusivamente a vantaggio di un'altra specie, benché nella natura una specie continuamente si avvantaggi e si approfitti delle strutture di altre» (*Origine*, ed. it. cit., 1967, p. 259). La questione è considerata così cruciale da meritare, ancora una volta, una predizione rischiosa: «Se si potesse provare che una qualsiasi parte della struttura di una specie è stata formata per esclusivo beneficio di un'altra specie, ciò distruggerebbe la mia teoria, poiché quella parte non potrebbe essersi prodotta attraverso la selezione naturale» (*ibid.*).

Cercando come sempre di anticipare possibili obiezioni e rispondendo in un'ottica di pluralismo teorico, l'ipotesi darwiniana è che la selezione naturale promuova in prima battuta il vantaggio individuale: «La selezione naturale non produrrà mai in un essere una qualsiasi struttura che sia più dannosa che benefica per detto essere,

poiché la selezione naturale agisce soltanto mediante il bene e per il bene di ciascuno» (ivi, p. 260). Eppure, è ugualmente evidente che i comportamenti animali sono frequentemente «altruistici» (termine che Darwin non usa) – al punto da minacciare in alcuni frangenti la vita stessa dell'individuo – e che la cooperazione è ampiamente riconosciuta come una potente strategia evoluzionistica, benché almeno all'apparenza non garantisca una maggiore progenie all'individuo altruista. Nell'*Origine dell'uomo* troviamo succosi aneddoti su eroiche scimmiette che si immolano per il loro guardiano e sul vecchio babbuino che salvò il giovane compagno da un branco di cani.

A riprova di quanto Darwin fosse convinto dell'importanza dei comportamenti pro-sociali è interessante ricordare che nel contesto della controversia riguardante il grado relativo di cuginanza tra esseri umani e gorilla, da una parte, e tra esseri umani e scimpanzé, dall'altra, Darwin – in questo caso in contrasto con l'opinione di Huxley (come era successo sul tema del gradualismo) – argomentò che gli scimpanzé, e non i gorilla, dovevano essere i parenti più stretti di *Homo sapiens*, proprio in virtù dei loro sentimenti di «simpatia» e di «amore» più sviluppati e degli istinti cooperativi che sono alla base anche della socialità umana (l'ipotesi evoluzionistica era corretta, anche se la socialità del gorilla meriterà successivamente una robusta rivalutazione).

Per Darwin una parte di questi comportamenti «solidali» può essere facilmente interpretata alla luce della selezione naturale classica, in quanto essi offrono vantaggi al contempo individuali e di gruppo, come nei casi di cooperazione nella caccia (si ottengono migliori risultati, sia individuali sia di gruppo, cacciando insieme), di mutualismo e di alleanze difensive. Con qualche accorgimento in più, che non era a disposizione di Darwin ma avrebbe dovuto attendere l'era della genomica, è possibile ricondurre a delicati e instabili equilibri fra competizione e cooperazione anche le diverse associazioni fra ospiti e parassiti, nonché i fenomeni di simbiosi e di endosimbiosi. In certi frangenti, può essere «egoisticamente» vantaggioso cooperare e l'impianto darwiniano centrato sull'interesse individuale regge in tutti i casi di altruismo reciproco. Un rafforzamento dell'ipotesi darwiniana classica, a livello di individui, verrà anche dalla scoperta della «kin selection», cioè della «selezione di parentela» che fa sì che un individuo si comporti in modo apparentemente altruistico nei confronti di membri del suo gruppo, ma perché questi hanno elevate probabilità di essere suoi parenti di diverso grado, e dunque di possedere una percentuale dei suoi stessi geni. L'individuo rinuncia a trasmettere direttamente i propri geni, ma lo fa indirettamente favorendo i geni dei suoi parenti.

È invece più difficile spiegare l'origine di comportamenti sociali che

appaiono puramente altruistici e rivolti a non parenti, poiché essi producono simultaneamente uno svantaggio per l'altruista e un vantaggio indiretto per l'egoista, che può approfittare delle azioni degli altruisti attorno a lui senza costi per se stesso. Che cosa innesci questi comportamenti? Perché gli egoisti non prevalgono immediatamente, interrompendo ogni «esperimento» di cooperazione sociale incipiente? Il battitore libero che fa soltanto i propri interessi esibisce infatti una strategia darwiniana perfetta: gioca per sé e si avvantaggia del comportamento altruistico degli altri membri del suo gruppo. Noi sappiamo che in molte specie socialmente complesse e divise in gruppi la sovversione interna dei battitori liberi è scongiurata da forme coordinate e disciplinate di punizione (in termini fisici e di reputazione). Ma come si sono evoluti, a loro volta, questi comportamenti dissuasivi? La difficoltà della spiegazione evoluzionistica discende infatti dal non accontentarsi mai dell'individuazione delle «cause prossime» di un comportamento o di un tratto (come funziona e perché, qui e ora), dovendo altresì scovare anche le «cause remote», cioè la concatenazione di eventi e di processi evolutivi che hanno fatto emergere quel comportamento o quel tratto in una popolazione biologica.

Darwin pone il problema discutendo il caso emblematico dell'evoluzione delle caste sterili in insetti sociali come formiche e api, ipotizzando che la sterilità venga selezionata grazie al maggiore successo riscosso da individui fertili che accoppiandosi generano organismi non riproduttivi (operaie) ma con tratti vantaggiosi per la popolazione. In tal modo, non vede «grande difficoltà nel fatto che un carattere venga a trovarsi in relazione con la condizione di sterilità di certi membri delle comunità degli insetti: la difficoltà sta nel comprendere come tali correlate modificazioni di struttura abbiano potuto essere lentamente accumulate per selezione naturale» (ivi, p. 332). Le funzioni delle operaie sono quindi un adattamento della regina, riproduttrice individuale. La difficoltà però non sta nel capire come funziona oggi, bensì nel capire perché il processo di selezione naturale sia stato «tollerante» all'inizio verso una prole non riproduttiva. Il paradosso della gradualità di comparsa e della funzionalità dell'altruismo sembra aver bisogno di una soluzione a più livelli. Qui per Darwin una logica di soli individui forse non è più sufficiente: «Questa difficoltà, sebbene appaia insuperabile, si riduce o, come credo, scompare, quando si ricordi che la selezione può applicarsi alla famiglia, così come all'individuo, e può così raggiungere lo scopo desiderato» (*ibid.*).

Ma come può la selezione essere applicata, precisamente, a famiglie o a gruppi o all'associazione fra individui che rinunciano ad alcune delle loro prerogative? La nozione centrale per Darwin, abbiamo visto,

è quella di istinto sociale, che si sviluppa per selezione naturale da stadi più elementari a espressioni più complesse: il fondamento delle qualità morali e sociali risiede negli istinti sociali viepiù raffinati, inclusi i vincoli familiari, l'«amore» e le emozioni di «simpatia». L'alveare, in fondo, è un tutt'uno e ciò che è vantaggioso per il tutto lo è anche per le sue componenti individuali. Nelle conclusioni dell'*Origine dell'uomo*, Darwin scrive che gli animali dotati di istinti sociali traggono piacere dalla compagnia l'uno dell'altro, si avvisano del pericolo, si difendono e si aiutano in molti modi. Tuttavia, «questi istinti non si estendono a tutti gli individui della specie, ma solo a quelli della stessa comunità. Poiché sono assai utili per la specie, probabilmente sono stati acquisiti attraverso la selezione naturale» (*Origine dell'uomo*, trad. it. in Darwin, *L'evoluzione*, Newton Compton, Roma 1994, p. 969).

Un beneficio per la specie è dato per garantito, ma poco si dice di come questi comportamenti possano prendere le mosse nei primi cooperatori: «Gli animali sociali sono in genere spinti ad aiutare i membri della propria comunità, ma più comunemente a compiere certe azioni definite» (*ibid.*). Rapidamente la discussione sulla socialità si sposta sulla specie umana, la quale non manifesta speciali istinti sociali, semmai un po' più indeboliti (comunque radicati nel principio più generale di ricerca della massima felicità possibile e nelle emozioni di simpatia, «rinforzate dall'esercizio o dall'abitudine»), e può esprimere i desideri attraverso le parole e il ragionamento, non più vincolata com'è da impulsi istintuali ciechi e cogenti ma ben più influenzata dalla (alquanto vittoriana) approvazione o disapprovazione dei propri simili. Biasimo e stima di cui gli esseri umani tengono conto anche quando aiutano, o non aiutano, gli altri.

È così che Darwin, almeno in questo caso, individua il potere adattativo della socialità non già nelle relazioni fra individui soltanto, ma anche fra gruppi e «tribù» umane: «Non si deve dimenticare che, sebbene un alto livello di moralità non dia che un leggero o nessun vantaggio a ciascun individuo e ai suoi figli sugli altri uomini della stessa tribù, tuttavia un aumento di numero degli uomini ben dotati e un progresso nel livello della moralità recherà certamente un immenso vantaggio a una tribù nei riguardi di un'altra» (ivi, p. 627). Le tribù di altruisti sarebbero cioè più equipaggiate nella lotta per l'esistenza, e dunque si tratterebbe ancora di selezione naturale dopo tutto: «Non può esservi dubbio che una tribù che includa parecchi membri che, in quanto posseggono in misura elevata lo spirito di patriottismo, fedeltà, obbedienza, coraggio e simpatia, siano sempre pronti ad aiutarsi l'un l'altro e a sacrificarsi per il bene comune, potrebbe riuscire vittoriosa su parecchie altre tribù: e questa sarebbe selezione naturale» (*ibid.*). La natura ci restituisce così un messaggio moralmente ambiguo (o

semplicemente a-morale): la logica evolutiva che favorisce l'emergenza di comportamenti cooperativi all'interno dei gruppi presuppone la conflittualità fra gruppi in competizione. Dunque le attitudini altruistiche verso i componenti del proprio «corpo sociale» e quelle di ostilità e aggressività verso componenti di altri gruppi, nota Darwin, sono due facce della stessa medaglia.

Poi, al termine dell'*Origine dell'uomo*, poco prima di ricordare il «disgusto» ingiustificato che provocherà a molti la scoperta delle umili origini animali dell'uomo, Darwin scriverà che quando la socialità istintuale evolve nella «parte più elevata della natura umana» la lotta per l'esistenza e la selezione naturale perdono l'esclusività della loro efficacia: «Le qualità morali sono progredite, sia direttamente sia indirettamente, molto di più per l'effetto dell'abitudine, delle facoltà raziocinanti, dell'istruzione, della religione, ecc. [...] che per la selezione naturale, sebbene a quest'ultima si possano sicuramente attribuire gli istinti sociali, che hanno costituito la base per lo sviluppo del senso morale» (ivi, p. 974).

In sostanza, adottando un linguaggio odierno, potremmo sintetizzare la soluzione pluralista darwiniana in tre punti: 1) si propone una cornice concettuale per la spiegazione evoluzionistica dei comportamenti altruistici composta da una pluralità di fattori e di schemi integrati, che includono la normale selezione fra individui, la selezione tra famiglie e tribù, e il successivo ruolo assunto dall'apprendimento e dalla cultura, soprattutto ma non esclusivamente nella specie umana; 2) l'altruismo è selezionato positivamente almeno negli stadi incipienti, ma a livello di gruppo: è una buona strategia per gruppi e tribù in competizione fra loro; in tal modo, Darwin attribuisce all'altruismo una funzione sostanzialmente «difensiva»; 3) l'evoluzione della «parte più elevata della natura umana» suggerisce che il potere di ragionamento e la libertà di scelta fra opzioni comportamentali diverse possano disinnescare un aspetto o l'altro di quella paradossale ambiguità umana che permette una spiccata cooperazione e al contempo la capacità di organizzare la violenza persino nella guerra e nel genocidio. Suggerisce inoltre che, nelle nicchie culturali e simboliche umane, precedenti adattamenti (o «precursori naturali», quelli che per Darwin costituiscono «la base per lo sviluppo del senso morale») possano assumere funzioni nuove. Dopo decenni di controversie sull'enigma della comparsa di comportamenti altruistici nei singoli e sulle relazioni fra beneficio individuale e collettivo, l'eredità «pluralista» darwiniana oggi riscuote anche in questa materia un'inaspettata rivalutazione grazie alla convergenza di dati etologici, ecologici e molecolari.

Da questo insieme di ipotesi naturalistiche e di ben ponderate

«predizioni rischiose» notiamo quanto il pluralismo darwiniano sia ancora oggi una chiave di lettura non soltanto attuale, ma meritevole di ulteriori esplorazioni e approfondimenti. Gli sconfinamenti dalla natura alla cultura, dalla biologia alla società, non derivavano soltanto dalla sua attitudine metodologica interdisciplinare, coltivata fin dai Taccuini giovanili: essi trovavano una loro necessità logica nel continuismo evoluzionistico. Per Darwin l'introduzione di cesure ontologiche o epistemologiche non aveva senso, e pretendeva l'onere della prova da chiunque le ipotizzasse.

Nella splendida chiusa dell'*Origine dell'uomo*, egli mostra come un naturalismo non ingenuo debba tenere insieme la continuità evolutiva e la comprensione della diversità di ogni storia naturale: abbiamo ben salde origini animali, «segno indelebile della nostra origine da una forma inferiore», ma anche le «potenti facoltà» di «un intelletto quasi divino che è penetrato nel movimento e nella struttura del sistema solare», un intelletto certamente unico con il quale, un secolo e mezzo dopo quelle parole, costruiamo stazioni orbitanti e concepiamo le più alte norme morali di rispetto degli altri grazie a «nobili qualità» come «la simpatia che sentiamo per gli esseri più degradati» e «la benevolenza che estendiamo non solo agli altri uomini, ma anche alle più umili fra le creature viventi». Origini animali e potenza dell'intelletto, cugini di ogni altro essere vivente (inclusi i più umili) e portatori di nobili qualità, scimmie bipedi socialmente ambivalenti e innovatori formidabili: cadono in Darwin le contraddizioni fra queste polarità, perché l'evoluzione è un processo continuativo capace di produrre, incessantemente, l'inedito.

6. Un tranquillo ribelle di campagna

Dopo l'*Origine*, Darwin si dedicò principalmente a due tipi di ricerche: all'estensione antropologica della sua visione del mondo naturale, come abbiamo visto; e a un complesso di monografie sperimentali e descrittive di grande pregio metodologico e teorico, ingiustamente meno conosciute. Nel 1862, l'uomo che aveva appena discusso dei massimi sistemi della natura uscì con un volume sui «vari espedienti attraverso i quali le orchidee sono fecondate dagli insetti», un piccolo gioiello sulla bellezza delle furbizie artigianali della natura e sugli effetti positivi dell'incrocio. Richiamando ancora una volta la terminologia della teologia naturale per rovesciarla, gli «apparecchi» (*contrivances*) che per Paley testimoniavano il progetto divino diventano per Darwin gli «espediti» accidentali e opportunistici attraverso i quali nelle orchidee le normali parti dei fiori dei loro antenati sono state convertite per funzioni nuove. Sopravvivenza differenziale, tassi di riproduzione, co-adattamenti, pezzi modellati per altre funzioni, riadattamenti ingegnosi: è un linguaggio radicalmente alternativo a quello di qualsiasi spiegazione teleologica. Nell'evoluzione non troviamo opere di alta ingegneria intenzionale, ma l'assemblaggio di un insieme limitato di componenti disponibili.

Nelle osservazioni conclusive del saggio sulle orchidee, Darwin generalizza il principio: «In tutta la natura quasi ogni parte di ciascun essere vivente è probabilmente servita, con poche modifiche, ad altri scopi e ha funzionato come parte della macchina vivente di molte e diverse forme antiche». Tema quest'ultimo che, insieme alla potenza generativa data dalla diversità dei singoli individui biologici, torna di frequente nel complesso di accurate monografie botaniche della maturità dedicate all'«intelligenza vegetale» e al lussureggiante giardino darwiniano. Il riscatto delle piante – della loro vita sessuale, delle loro percezioni, dei loro movimenti oculati e dei loro meravigliosi dettagli nel grande schema della natura – prende forma in una sequenza di opere: sui «movimenti e le abitudini delle piante rampicanti» nel 1864 (poi uscito in versione commerciale nel 1875); sulle piante insettivore nel 1875, dopo anni di sperimentazioni nella serra con drosere e dionee, aiutato dal figlio Francis; sugli esperimenti di impollinazione e sugli effetti della fecondazione incrociata e dell'autofecondazione nelle piante, nel 1876; sulle differenti forme dei fiori nelle piante della stessa specie nel 1877; ancora sul potere di movimento delle piante nel 1880.

1. La materia prima del cambiamento evolutivo

Ai primi del 1868 vede la luce l'imponente monografia sulla *Variazione degli animali e delle piante allo stato domestico*, un trattato scientifico poi completato nel 1875 sulla malleabilità delle specie, sulla selezione artificiale, sugli stati intermedi fra condizione selvatica e domestica, sulle leggi dell'incrocio, ma soprattutto sulla potenza della variazione spontanea come motore del cambiamento: è il complemento cruciale, per quanto problematico, dell'*Origine delle specie*, perché non vi può essere selezione naturale senza il combustibile della variazione e senza l'ereditarietà di almeno una parte di questa.

Il tema della variazione era stato definito da Darwin, nell'ultimo capitolo dell'*Origine*, come «the other side of the argument», l'altro lato del suo lungo ragionamento: un lato più scivoloso, certamente, ma non per questo meno interessante; di sicuro, il lato meno noto e meno studiato dell'opera del naturalista inglese. Eppure le variazioni individuali degli organismi allo stato domestico (con gli allevamenti casalinghi di colombi, gli studi nella serra e l'indagine a vasto spettro sui meccanismi della selezione artificiale), allo stato di natura (con i suoi otto anni di immersione nel variegato universo dei cirripedi) e negli stati intermedi erano state il suo principale fuoco di interesse, al limite dell'ossessione, nella seconda metà degli anni Quaranta e per tutti gli anni Cinquanta. Quando esce la comunicazione congiunta con Wallace del 1858 e l'anno dopo l'*Origine*, Darwin aveva già scritto lunghi capitoli sulla variazione che avrebbero dovuto confluire nell'opera monumentale sulla selezione naturale che non vide mai la luce, in quanto abbondantemente superata e offuscata dal suo fortunato «riassunto» del 1859. Ritroviamo traccia di questo minuzioso lavoro nei capitoli primo, secondo e quinto dell'*Origine*, e poi compiutamente (per le specie allo stato domestico) nella *Variazione* del 1868.

È significativo che nell'*Origine* Darwin descriva l'evidenza della variazione nei primi due capitoli, come una delle premesse fondamentali del suo ragionamento, ma poi senta il bisogno di tornarvi nel capitolo quinto, discutendo delle leggi della variazione, come per difendere da potenziali obiezioni il pilastro empirico che sta a monte della struttura esplicativa della selezione naturale. È il punto della sua architettura dove si sente meno sicuro, lo dice chiaramente: così per compensazione, nella *Variazione*, sommerge induttivamente il lettore di nudi fatti e discute modelli alternativi per interpretarli (come per l'origine poligenetica o monogenetica delle varie razze domestiche). Capisce che la variabilità in natura è la sorgente fondamentale di ogni cambiamento e di ogni novità evolutiva, ma gli

mancano le basi per capirne gli ingranaggi interni. Ha innalzato il suo edificio teorico a partire da dati osservativi robusti, ma di cui non conosceva le cause, come una casa costruita a partire dal tetto e non dalle fondamenta. È dunque ancor più stupefacente che le basi molecolari del vivente – scoperte (e riscoperte) decenni dopo la sua morte, come vedremo – fossero proprio le fondamenta corrispondenti della casa che lui aveva costruito e non di un'altra.

Dal meccanismo di selezione naturale Darwin deduce, con grande acutezza, anche i requisiti necessari affinché la variazione possa fungere da combustibile del cambiamento evolutivo (e non viceversa). Essa deve in primo luogo venir prodotta a ogni passaggio generazionale in modo abbondante, incessante e sicuro, poiché il processo di selezione non la genera da sé e ne ha bisogno come di un materiale grezzo. La variabilità, per Darwin, non può dunque avere limiti rigidi: se il rubinetto della variazione si chiude, la selezione naturale si inceppa. Le variazioni però, nella loro pervasività e capillarità, devono in secondo luogo essere di piccola entità, cioè non in grado di produrre da sole tratti complessi o addirittura nuovi piani corporei. Il soggetto che varia in Darwin è sempre l'organismo, cioè un tutt'uno integrato, e quindi le variazioni hanno sempre un valore relazionale (da qui l'importanza in Darwin delle variazioni correlate e delle correlazioni di sviluppo), ma ciò nonostante di portata limitata. In caso contrario, la variazione interna diverrebbe la forza primaria del cambiamento (come sosterranno saltazionisti e macromutazionisti ai primi del Novecento), generando salti evolutivi occasionalmente di successo e relegando la selezione al ruolo marginale di ratifica di un cambiamento già avvenuto altrove.

Per Darwin, invece, la sopravvivenza differenziale presiede il processo e macina lentamente variazioni di lieve entità, accumulando effetti impercettibili che sul lungo periodo si traducono in grandi cambiamenti senza presupporre forze o eventi speciali. Ne discendono logicamente non soltanto il rifiuto di qualsiasi discontinuità del cambiamento e la riaffermazione dell'esistenza di una dinamica storica ininterrotta (continuità evolutiva), ma anche un gradualismo stretto circa i modi e i ritmi della trasformazione, che un perplesso Huxley, commentando il motto *natura non facit saltum* presente nell'*Origine delle specie*, aveva definito «una difficoltà inutile».

2. Le incertezze sull'ereditarietà e l'«ipotesi provvisoria» della pangenesi

L'ereditabilità delle nuove varianti era un presupposto altrettanto cruciale, perché qualsiasi variazione non ereditaria, per quanto utile, sarebbe ininfluyente per il meccanismo di selezione naturale. Ipotizzato che le cause della variazione potessero risiedere nelle perturbazioni accidentali esterne sul processo di riproduzione, negli effetti degli incroci o in una tendenza interna a variare – barcamenandosi così tra influssi esterni e vincoli interni, ma senza mai mettere in discussione il fatto che il processo di selezione non produce da sé le variazioni – restava da chiarire come questi «errori di trasmissione» fossero poi a loro volta ereditati. Dato che la variazione è onnipresente, le leggi che presiedono alla sua ereditarietà dovevano basarsi, secondo Darwin, sull'unificazione esplicativa di tutti i fenomeni della riproduzione, animale o vegetale che fosse (per via seminale, vegetativa, per rigenerazione, per variazioni somatiche in specifiche parti, e così via), inclusa quella umana.

Succede così che nella *Variazione* – insieme a ben 23 capitoli dedicati a cani e gatti domestici (1), cavalli e asini (2), maiali, mucche, pecore e capre (3), conigli domestici (4), piccioni domestici (la sua passione, 5-6), polli (7), anatre, oche, pavoni, tacchini, galline faraone, canarini, pesci rossi, api mellifere e bachi da seta (8), piante coltivate (9-10), variazioni della gemma (11), leggi dell'incrocio e ibridismo (15-19), selezione (20-21), cause della variabilità (22-23), leggi della variazione (24-26) – Darwin introduca tre capitoli sulle «leggi dell'eredità» (12-14) e soprattutto un capitolo finale, il ventisettesimo, che rappresenta l'unica teoria compiuta priva di corrispettivi già presenti o accennati nell'*Origine*, benché ci stesse ragionando dagli anni Quaranta: la dibattuta (già al suo tempo) «ipotesi provvisoria» della «pangenesi», volta alla spiegazione integrata di ereditarietà e variazione.

Ad avviso del naturalista inglese – influenzato dai trattati di Prosper Lucas sull'eredità naturale usciti alla fine degli anni Quaranta e dalle prime enunciazioni della teoria cellulare – ciascuna parte elementare o unità fondamentale dell'organismo produrrebbe una propria gamma di entità corpuscolari con funzione ereditaria, le «gemmule», di cui si postula l'esistenza benché non siano mai state osservate. Questi micro-ovuli si moltiplicano (per divisione e per emissione di granuli), si diffondono producendo cellule simili a quelle da cui provengono, e si aggregano per affinità reciproche dando così ciascuno «rappresentanza» della propria porzione corporea nelle gemme e negli elementi sessuali. Inoltre, si possono trasferire alla discendenza nel

corso della fecondazione e della riproduzione: la trasmissione può dare origine al loro sviluppo immediato nella prole oppure restano silenti per più generazioni e se non si disperdono prima possono ricomparire.

Le gemmule manifestano i loro effetti per Darwin anche nei processi di accrescimento, di rigenerazione, di riproduzione asessuata. È una sorta di proprietà generativa globale (pan-genesi) degli organismi, presente nello sviluppo individuale ed ereditabile. Così una mutilazione non è ereditaria, perché le gemmule della parte lesa si sono già formate durante lo sviluppo dell'individuo e vengono ancora ereditate dai suoi discendenti. Se però la mutilazione si infetta, le gemmule vengono distrutte nel tentativo di riparare il danno e non si trasmettono più: così un carattere (patologico) acquisito verrebbe ereditato. Dunque la modificazione delle gemmule (da cui dovrebbe derivare la variazione) può avvenire a causa del mutare delle condizioni di vita che incidono sull'organizzazione di un organismo e sul suo sistema riproduttivo, oppure a causa dell'uso e del disuso, o di altri fattori di perturbazione.

Darwin discute poi i casi di trasmissione limitata (per sesso o periodo di vita), di reversione a tratti presenti nelle generazioni precedenti o nello stato primitivo, della preponderanza di caratteristiche portate da uno dei due genitori, degli effetti nocivi della consanguineità (per lui, sposato con una cugina di primo grado, era diventato un motivo di costante preoccupazione per la salute dei suoi figli). Ogni carattere vecchio o nuovo manifesta dunque la tendenza a essere trasmesso, a meno che fattori di irregolarità non introducano disturbi. L'incrocio, da par suo, gioca un ruolo ambiguo, perché ricombina i caratteri e sbiadisce le razze esistenti, ma può anche far sorgere nuove varianti favorite dalla selezione e dunque nuove varietà incipienti. Insomma, è tutto un gioco di antagonismi fra le inerzie della trasmissione e le novità della variazione, in un quadro in cui convivono l'esistenza di «particelle» ereditarie, il loro mescolamento ma anche la costante produzione di variazioni divergenti nelle popolazioni. Sembra quasi che sotto la pancia della selezione succeda di tutto, ma che questo tutto non ne pregiudichi il funzionamento.

Come abbiamo visto, la pangenesi, oltre a non convincere molti genuini darwiniani come Huxley e Hooker, era esposta alla critica distruttiva secondo la quale l'eredità per mescolamento di «gemmule» avrebbe vanificato l'azione della selezione naturale su qualsiasi insorgente variazione favorevole, che verrebbe ben presto «diluìta» nella discendenza. Critiche circostanziate alla pangenesi giunsero anche dal botanico italiano Federico Delpino, i cui saggi furono letti e annotati con attenzione dal naturalista inglese. Galton, con il suo

approccio quantitativo e statistico, aveva cercato nel 1870 le «gemmule» nel sangue dei conigli, mescolandole fra razze diverse per trasfusione, ma senza alcun effetto, ancor meno di tipo ereditario. Darwin rintuzzò le critiche a più riprese sostenendo che la dispersione poteva non essere per via sanguigna o linfatica ma direttamente nei tessuti, che l'eredità non avveniva solo per fusione in caratteri intermedi, ma anche per combinazione di caratteri eterogenei, vecchi e nuovi, trasmessi dalle particelle ereditarie. Più aggiungeva ipotesi ausiliarie e più le difficoltà aumentavano.

Tuttavia, ciò che conta al di là di queste schermaglie è che le due catene causali della variazione e della selezione sono indipendenti e qui sta la ragione della refrattarietà dell'impianto darwiniano alla confutazione definitiva della teoria della pangenesi che arriverà alcuni anni dopo. Il dato sorprendente è che la confusione circa i meccanismi dell'ereditarietà non inficiava il nucleo variazione-selezione: la variazione fluttua in tutte le direzioni, qualunque ne siano le cause, mentre il processo di selezione stabilizza, rinforza, fa prevalere una varietà, ne fa divergere una nuova. Come Darwin stesso spiegò con una felice similitudine contenuta proprio nella monografia sulla *Variazione*, l'evoluzione è come un architetto che erige un edificio partendo dal materiale informe e disordinato che ha a disposizione: le pietre della costruzione hanno una loro variabilità accidentale, di cui magari ignoriamo le leggi e le cause precise, ma «queste non hanno alcuna relazione con la struttura vivente che si va lentamente costruendo grazie al potere della selezione». L'ereditabilità della variazione è un dato osservativo, il combustibile del cambiamento, e ciò che conta è che esso alimenti senza sosta il processo plasmante della selezione naturale.

3. Leggi e dettagli contingenti: la caduta del progetto

Darwin fu sempre ben consapevole del fatto che il nocciolo esplicativo variazione-selezione, oscillando fra l'insorgenza accidentale e non direzionata di differenze, da una parte, e i capricci di ambienti mutevoli e scostanti, dall'altra, faceva sì che gli adattamenti delle specie non fossero picchi di ottimalità assoluta, ma al contrario prodotti incompiuti, provvisori, sempre relativi a circostanze del momento. Non c'era insomma alcuna finalità nell'adattamento. L'evoluzione diveniva un processo di esplorazione di possibilità contingenti. Erano argomenti «spinosi», questi, che Darwin aveva intrecciato con molti suoi fidati corrispondenti, in particolare con Asa Gray, che oltre a fornirgli per anni informazioni dettagliate sulla distribuzione delle piante nel mondo non smise mai di spronarlo a trovare un'onorevole soluzione di compromesso fra la teoria dell'evoluzione e l'idea di una finalità divina operante in natura. La convinzione di Gray, attivo difensore della rivoluzione darwiniana negli Stati Uniti e al contempo convinto cristiano, era che si dovesse rinunciare alla credenza in continui interventi di un Dio creatore poiché, per quanto improbabile fosse, si poteva immaginare altresì che i piani ultraterreni trovassero compimento proprio attraverso l'evoluzione darwiniana. Il progettista intelligente era nient'altro che la selezione naturale e le variazioni in natura erano procurate da Dio stesso affinché le specie ne traessero beneficio.

Darwin come abbiamo visto aveva inviato a Gray un abbozzo della sua teoria già nel 1857, tanta era la stima che nutriva per il collega americano, «un complesso incrocio di poeta, naturalista, uomo di legge e teologo», ma senza mai nascondergli che la sua soluzione filosofica conteneva una contraddizione potenzialmente letale: come può un Dio al contempo onnipotente e infinitamente buono operare per il mezzo di processi che implicano una tale quantità di sofferenza, di crudeltà, di ingiustizia e di spreco? E soprattutto, come può un sommo architetto dotato di intelligenza e di preveggenza sopportare che la storia naturale sia così radicalmente influenzata da circostanze casuali, da svolte impreviste, da eventi accidentali? In una lettera del 22 maggio 1860, si schermisce dicendo che non è sua intenzione scrivere in modo ateistico, poi però affonda il colpo: «Ma devo ammettere che non mi riesce proprio di vedere, con la chiarezza che hanno altri, o come desidererei, l'evidenza di un progetto e di benevolenza tutto attorno a noi. Mi sembra che ci sia troppa sofferenza nel mondo. Non riesco a convincermi che un Dio benevolo e onnipotente possa aver creato di proposito gli Icneumonidi con l'esplicita intenzione che si alimentassero all'interno dei corpi ancora vivi dei bruchi, o che un gatto dovesse giocherellare con il topo».

Allo stesso modo, prosegue evocando uno dei suoi esempi preferiti fin dai tempi dei Tacchini, «non vedo alcuna necessità nel credere che l'occhio sia stato espressamente progettato». Certo, non c'è da esser contenti nel «vedere questo meraviglioso universo e specialmente la natura umana» e nel concludere «che tutto è il risultato della forza bruta». La soluzione, continua Darwin nella lettera a Gray, risiede in un delicato equilibrio fra le leggi necessitanti della natura e il potere dei dettagli contingenti: «sono incline a considerare ogni cosa come risultante da leggi progettate, e a lasciare i dettagli, buoni o cattivi che siano, all'azione di quello che potremmo chiamare caso». Per Gray, che nonostante tutto pubblicherà nel 1876 un libro, *Darwiniana*, che farà molto felice l'amico, erano idee difficili da metabolizzare: era semplicemente impensabile che il grande orologiaio perfetto cadesse sotto i colpi di un sol uomo.

Le leggi e i dettagli: dove finisce il dominio delle une e comincia quello degli altri? È un tema di ancora stringente attualità: le forze della casualità e le forze della regolarità degli schemi storici ripetuti continuano a contrapporsi e a bilanciarsi. Ma resta intatta, e anzi trova conferme sperimentali sempre più robuste, la scoperta che l'intreccio di leggi e di dettagli rende l'evoluzione un percorso privo di qualsiasi necessità intrinseca e di piani preordinati: in molte occasioni le cose avrebbero potuto prendere una strada diversa e, se in una delle innumerevoli biforcazioni storiche un evento avesse deviato la traiettoria, il nostro presente (così apparentemente inevitabile) sarebbe stato sostituito da un contro-presente alternativo. Non è un succedersi di eventi per «puro caso», beninteso, perché a posteriori possiamo ricostruire in dettaglio la sequenza di cause ed effetti che hanno determinato una storia naturale, ma a priori l'esplorazione del possibile non è prevedibile.

Questa è probabilmente la conseguenza teorica più sconcertante e meno metabolizzata della rivoluzione darwiniana: un'evidenza controintuitiva, che si scontra con modalità radicate di pensiero finalistico che vanno oltre le resistenze di matrice religiosa e sono tipiche dei sistemi di credenze umani. Non è un caso che molti fra coloro che tentarono dopo Darwin una conciliazione fra la teoria evolucionistica e l'idea di creazione furono pronti ad accettare il fatto dell'evoluzione e la parentela universale dei viventi, ma non la contingenza radicalmente a-teleologica che discende dai meccanismi evolutivi scoperti da Darwin. Non sono mai cessati i tentativi, finora infruttuosi, di recuperare scampoli di «tendenze», di direzioni progressive e di convergenze forzate, per scongiurare l'idea scomoda e scandalosa della contingenza storica. Ed è qui che si gioca ancora oggi la sfida filosofica e culturale più importante lasciataci in eredità da Darwin, ben al di là delle mai sopite controversie sulla sua iscrizione

all'ateismo, all'agnosticismo o a un più morbido teismo.

4. Darwin e la religione

In effetti, in un periodo in cui il mondo intero sembrava morbosamente interessato a conoscere le sue opinioni sulla religione, Darwin, ormai una celebrità scientifica internazionale, dedicava pazientemente una parte delle sue giornate a rispondere alle lettere più strane: «Metà degli sciocchi di tutta Europa mi scrivono per chiedermi le cose più stupide», commenta nel 1878 (Desmond, Moore, 2009, ed. it. 1991, p. 725). Tra missive di spiritisti e di evangelizzatori, talvolta si spazientiva e ricordava con parole dure il suo abbandono, molti anni prima – avvenuto tra la morte del padre e quella della figlia Annie – della fede nella Rivelazione cristiana: il chiaro linguaggio del Nuovo Testamento «sembra mostrare che gli uomini che non credono, e ciò includerebbe mio Padre, mio Fratello e quasi tutti i miei migliori amici, verranno puniti per l'eternità. E questa è una dottrina esecrabile» (ivi, p. 711). Ritenne, dai tempi dei Taccuini giovanili fino all'*Autobiografia*, che il sentimento religioso fosse un prodotto dell'evoluzione della mente umana e del nostro istinto di sopravvivenza.

Ma non riusciva ancora a saziare le curiosità più indiscrete. Mentre si accingeva a pubblicare il libro sulle diverse forme dei fiori nelle piante della stessa specie, dedicato proprio ad Asa Gray, e meditava di scriverne un altro – che sarà poi il suo congedo terreno – sull'umile lavoro dei lombrichi nel modellare il paesaggio inglese, le arringhe anticlericali dei dissenzienti inglesi, le campagne per la contraccezione, così come la militanza dei materialisti che pretendevano di far discendere per via scientifica l'ateismo dalla sua teoria, gli parevano strategie controproducenti. Per promuovere la libertà di pensiero è di gran lunga preferibile, pensava, «la graduale illuminazione delle menti degli uomini, che deriva dall'avanzamento della scienza» (ivi, p. 737). Chissà come reagirebbe vedendo che, a un secolo e mezzo di distanza, l'illuminazione delle menti è stata forse un po' troppo «graduale».

Interpellato sulla possibilità di conciliare l'evoluzione con un teismo dai contorni annacquati o con panteismi cosmici, la prospettiva non lo appassionava ma non se la sentiva di escluderlo. Del resto, dalla seconda edizione dell'*Origine* in poi era stato lui stesso a concedere nella chiusa la formula retorica secondo cui le forze della vita furono «originariamente impresse dal Creatore in poche forme, o in una forma sola». Comunque fosse, *L'Origine delle specie* non ha «relazione alcuna con la teologia», ripeteva, e ciò in cui credeva o meno «non aveva alcuna importanza per nessuno eccetto me stesso», dato che si trattava di un dominio di questioni irrisolte che spettano alla «coscienza interiore». Dal suo punto di vista, l'ipotesi di Dio non era

necessaria nello studio dell'evoluzione, il che è cosa diversa dal dire che essa sia ontologicamente e necessariamente falsa. Parimenti, la tesi secondo cui la scienza non può escludere definitivamente l'esistenza di Dio e non può ergersi a spiegazione ultima della realtà gli pareva una trincea difensiva piuttosto precaria (e in continuo arretramento). Tutto sommato, inseguendolo da una lettera all'altra nelle sue schermature, si ha l'impressione che il problema teologico non fosse al centro dei suoi interessi e che a differenza di altri non lo considerasse ineludibile.

Nella lettera a Gray del 22 maggio 1860, dopo aver proposto la sua dialettica fra leggi e dettagli contingenti, sfiorava il tema delle conciliazioni filosofiche teistiche e fra le righe si percepiva palesamente il suo imbarazzo. Certo, l'ateismo non discende necessariamente dalla teoria evoluzionistica, ma ecco come prosegue: «Il fulmine uccide un uomo, non importa che sia buono o cattivo, a causa dell'azione eccessivamente complessa delle leggi naturali» (ovvero, la morte di quell'uomo non è puro caso, perché ha ragioni fisiche stringenti, ma sarebbe oltremodo assurdo affermare che l'uomo si trovava in quel punto per un disegno). Contingenza e imprevedibilità hanno peraltro un ruolo anche nella nascita: «Un bimbo (che dopo la nascita potrebbe rivelarsi un idiota) nasce per effetto di leggi persino più complesse ancora» (valgono le leggi dell'embriologia, ma una mutazione che provoca deficit mentali e orrende sofferenze in una creatura può essere il frutto di un disegno benevolo?). Ebbene: «Non riesco a vedere alcuna ragione per cui un uomo, o un altro animale, non potrebbe essere stato prodotto originariamente da altre leggi, e che tutte queste leggi potrebbero essere state espressamente progettate da un Creatore onnisciente, che prevedesse ogni evento e conseguenza futuri. Ma più ci penso e più mi sento sconcertato». Insomma, se volete proprio arrampicarvi su questi pendii scivolosi, non vi seguirò.

I due approcci psicologicamente più forti per inferire un progettista intelligente gli sembravano quelli della «causa prima» e del rifiuto del puro caso, ma se poi essi siano «argomenti di reale valore» è tutta un'altra storia. A conti fatti, di fronte alle insistenti richieste di darsi un'etichetta, poteva provvisoriamente andar bene il neologismo inventato da Huxley: «Io credo» – scrive nel 1879 a John Fordyce – «che in generale (e sempre di più via via che invecchio), ma non sempre, quella di Agnostico sarebbe la descrizione più corretta dello stato della mia mente». In quella clausola in inciso, «ma non sempre», si ha l'impressione che Darwin – notano gli storici Adrian Desmond e James Moore – «nella sua lucidissima confusione, a volte si sentisse agnostico persino nei confronti del suo agnosticismo» (ivi, p. 727). Ma nulla poteva esimerlo dall'applicare la ragione quando asseriva che

«l'immensa quantità di dolore e di sofferenza in questo mondo» può essere spiegata in modo molto più soddisfacente come l'esito della sequenza naturale degli eventi, piuttosto che come il risultato di un imperscrutabile «intervento diretto di Dio». È il principio del «cappellano del diavolo» che aveva evocato con una battuta nel 1856 in una lettera a Hooker: «Quale libro potrebbe scrivere un cappellano del diavolo sulle rozze, dannose, erranee, basse e orribilmente crudeli azioni della natura?».

Sul finire del 1878 venne chiamato a confrontare questa sua ritrosa ma «lucidissima confusione» con l'eventualità di un dialogo pubblico. L'arcivescovo di Canterbury lo invitò a una conferenza a porte chiuse di scienziati credenti e non credenti, da tenersi a Lambeth Palace, al fine di valutare le possibilità di armonia e di incontro fra scienza e religione. Avrà influito anche la sua idiosincratia repulsione verso i dibattiti pubblici, ma la motivazione con la quale cortesemente declinò è emblematica: proprio non gli «riusciva di vedere quale beneficio potesse mai derivarne». Teologia e scienza devono seguire ciascuna il proprio percorso, ma non era colpa sua «se il loro punto di incontro sia ancora destinato a essere così distante».

Fu però altrettanto scettico nei confronti di coloro che volevano coinvolgerlo in battaglie militanti e spregiudicate a favore dell'ateismo. In occasione del congresso della federazione internazionale dei liberi pensatori tenutosi a Londra nel 1881, Darwin accettò dopo molte insistenze di avere a pranzo a Down House il giovane zoologo di idee socialiste Edward Aveling e il fisiologo tedesco Ludwig Büchner. A tavola insieme ai due atei radicali sedevano anche la moglie Emma e il parroco del villaggio: possiamo dunque immaginare la serenità della conversazione, abilmente condotta per quanto possibile su temi neutrali. Durante il colloquio la resistenza di Darwin a diventare propagandista pubblico della campagne ateistiche fu cordiale ma risoluta. Preferiva un sobrio agnosticismo da vivere in privato. Un guizzo però lo rianimò quando lo scalpitante Aveling si mostrò deluso nello scoprire che il grande naturalista inglese, in un periodo di tale fermento sociale e intellettuale, aveva deciso di dedicare le sue ormai declinanti energie a un libro sui lombrichi. Darwin lo fulminò facendogli notare che, in fondo, aveva iniziato a occuparsi di lombrichi da quando aveva trent'anni. Quello era il suo mestiere.

5. *Musica per lombrichi*

Questo interesse di ricerca finale di Darwin, alla soglia del congedo terreno, potrebbe apparire in effetti come una manifestazione di eccentricità: un piccolo trattatello, uscito nell'ottobre del 1881, sulla «formazione della terra vegetale per azione dei lombrichi, con osservazioni sulle loro abitudini». Sorprendendo il suo stesso autore, va a ruba in pochi giorni e vende migliaia di copie in varie edizioni successive. Si commetterebbe però un errore a considerarla un'opera bizzarra degli anni crepuscolari. È, al contrario, un lucido compendio della visione darwiniana, un inno a quei «meravigliosi dettagli» e ai «fatti apparentemente insignificanti» grazie ai quali la natura esprime la sua creatività, un'illustrazione di come il reiterarsi di minuscole attività quotidiane (i movimenti e il metabolismo dei vermi) possa a lungo termine riuscire addirittura a modellare la campagna inglese. «Ciò che è umile può spiegare ciò che è grande», scrisse in quei giorni.

Ancora una volta, è questione di scale temporali e spaziali, talvolta difficili da percepire a causa della loro enormità. La potenza del lombrico si esplica attraverso il ripetersi di modeste attività che, prese singolarmente, sembrerebbero incapaci di qualsiasi effetto significativo e invece, accumulandosi nello spazio e nel tempo, possono produrre enormi cambiamenti. Riciclando sostanze, raffinandole, dissodando la terra vegetale, decomponendo le foglie, disgregando le componenti rocciose, inglobando i corpi in superficie, producendo humus, questi vermi plasmano letteralmente il paesaggio. Darwin coccola i suoi lombrichi e li sottopone a strani esperimenti. Attorniato dagli sguardi un po' perplessi dei figli, espone i lombrichi alla luce e fa sentire loro le vibrazioni del pianoforte, per vedere l'effetto che fa. È convinto che abbiano, a modo loro, comportamenti intelligenti e «qualità mentali». Del resto, già nei «taccuini metafisici» aveva riconosciuto una dignità al verme che si rivolta se calpestato e in una delle sue prime comunicazioni, alla Geological Society nel 1837, aveva parlato dei «poteri mentali» delle forme più primitive di esseri. Ma, soprattutto, è tornato qui al suo primo e mai abbandonato messaggio continuista, quello del saggio giovanile sugli atolli corallini del 1842 e della graduale trasmutazione delle varietà e delle specie descritta nell'*Origine*: minuscole azioni, ripetute e incessanti, proiettate nell'immensità del tempo geologico, sono causa di gloriose imprese evoluzionistiche.

La risposta all'incalzare del filosofo militante svela così tutta la sua portata. Per come Darwin scriveva e sceglieva i suoi temi concettuali, non esistono «opere minori». L'umiltà del lombrico è un'ironica denuncia contro qualsiasi pretesa umana di sentirsi padroni della storia naturale o, ancor peggio, suo inevitabile compimento. Nelle

creature più disprezzate e silenziose c'è il segreto dell'evoluzione – scrive Darwin nella prefazione – cioè «gli effetti di una causa costantemente ricorrente». Il messaggio della storia naturale del lombrico era per lui più potente di qualsiasi sistema filosofico costruito a priori. Occorre uno sguardo laterale, non antropocentrico, e assai lungimirante, per calcolare gli effetti a lungo termine del tempo, per avvertire la nostra posizione periferica e contingente nel grande albero della biodiversità passata e presente, per capire come la vita incessantemente rigenera se stessa nei cicli e ricicli della sua materia.

Darwin aveva colto immediatamente le implicazioni delle sue idee per la nostra visione del posto dell'uomo nella natura, per l'etica, per la filosofia. Ma era ossessionato dalla sua reputazione, da ciò che gli altri avrebbero pensato di lui, come confessa nell'*Autobiografia* scritta con l'aiuto del figlio Francis fra il 1875 e il 1879. Forse da qui la sua grande gentilezza, la cordialità persino leziosa e l'ironia vittoriana. Abitudinario e conservatore in casa, fu un grande innovatore nei metodi e nelle idee. La routine della passeggiata meditativa sul «sandwalk», il sentiero di ghiaia fatto tracciare lungo il perimetro dell'appezzamento confinante comprato dal banchiere e scienziato dilettante John Lubbock, era un toccasana. Fu scienziato rigoroso, un talento inarrivabile tanto nell'osservazione e nella raccolta di fatti quanto nelle capacità di sintesi teorica, ma anche vittima di medici ciarlatani alle prese con il suo male sconosciuto fino all'ultimo dei suoi giorni, sopraggiunto il 19 aprile del 1882.

Solo nove mesi prima aveva salutato, quasi imbambolato dalla tristezza, ritto nel suo cappotto nero sotto il portico della chiesa di Down, la dipartita del fratello maggiore Erasmus. Continuava le sue corrispondenze epistolari con gente da ogni parte del mondo, ma soprattutto con Romanes, al quale affida la pubblicazione di un saggio sugli istinti e che sarà poi il migliore interprete del programma di ricerca darwiniano sull'evoluzione mentale negli animali e sulla storia naturale della mente umana. Il 6 aprile 1882 aveva consegnato alla rivista «Nature» la sua ultima comunicazione breve, concernente taluni mezzi di dispersione dei molluschi bivalve d'acqua dolce e lo strano caso di un coleottero di Northampton (segnalatogli da un giovanotto che di cognome faceva Crick e che avrà poi un nipote di nome Francis) che si era portato via un mollusco attaccato alla zampa. Era uno dei suoi fatti apparentemente insignificanti, uno di quei suoi cordiali dettagli di quotidiana vita naturale che illuminavano temi generali. Il suo metodo fece scuola: Huxley nel suo elogio funebre scrisse che «non si poteva conversare con Darwin senza pensare a Socrate».

Fra reazionari *tories*, radicali dissenzienti socialisti e borghesia imprenditoriale in prorompente avanzamento, visse in un'epoca turbolenta, rimanendo imperturbabilmente un liberale *whig* illuminato e paternalista, molto attento ai suoi investimenti terrieri e alle azioni dei canali e delle ferrovie inglesi, ma anche legato alla cultura delle *workhouses* e dell'assistenza ai poveri. Cominciò – ricco di famiglia e con una buona reputazione di geologo – una rivoluzione scientifica che non è ancora finita. Fu così onesto e convincente nelle sue osservazioni e argomentazioni che ancora oggi in molti faticano ad accettarne le conseguenze. Non però la Corona inglese, che seppellì con tutti gli onori il suo agnostico compatriota nell'abbazia di Westminster, a pochi passi da Isaac Newton, in un tempio che altre confessioni religiose non gli avrebbero concesso. La strada tortuosa che portò alla teoria dell'evoluzione per selezione naturale e all'abbandono delle teologie naturali non fu una storia di idee astratte e di aride contese accademiche: fu l'avventura umana e intellettuale di un mite e riservato ribelle di campagna nell'Inghilterra vittoriana. Charles R. Darwin ci ha insegnato che cosa tiene insieme un cirripede, un corallo, un'orchidea, una primula e un essere umano.

Cronologia della vita e delle opere

1809 Charles Robert Darwin nasce a Shrewsbury il 12 febbraio, da Robert Waring Darwin (1766-1848) e Susannah Wedgwood (1765-1817).

1817 È orfano della madre. Riceve una prima educazione unitariana.

1819-1824 Nella scuola convitto di Shrewsbury, di impianto classico. Si appassiona alle collezioni naturalistiche.

1825 Ingiunge il fratello maggiore Erasmus a Edimburgo per iniziare gli studi di medicina.

1826 Fonda la Plinian Society di Edimburgo. Prime esperienze naturalistiche di osservazione e raccolta con Robert E. Grant.

1827 Comunicazione pubblica, insieme a Grant a Edimburgo, sulle uova di *Flustra*.

1828 In, abbandonati gli studi di medicina a Edimburgo, viene mandato dal padre a Cambridge, presso il Christ's College, per conseguire il Bachelor of Arts e avviare la carriera nella Chiesa d'Inghilterra. Viene influenzato dagli insegnamenti del botanico John S. Henslow e del geologo Adam Sedgwick.

1831 Laure a Cambridge. In agosto riceve l'invito a partecipare al viaggio di ricognizione costiera del brigantino di Sua Maestà «Beagle», capitanato da Robert FitzRoy. Salpa il 27 dicembre da Plymouth.

1832 Alle isole di Capo Verde, a Salvador de Bahia, a Rio de Janeiro, Montevideo, Bahia Blanca, Punta Alta, Terra del Fuoco.

1833 Con i fuegini, tappe alle isole Falkland, foce del Rio Negro, Montevideo, escursioni all'interno in Patagonia, Puerto Deseado.

1834 Il Beagle entra nello Stretto di Magellano, ricognizioni nella Terra del Fuoco, poi di nuovo alle Falkland, quindi nel Pacifico lungo le coste del Cile. Tappe a Chiloé, Valparaíso, Santiago del Cile, arcipelago delle Chonos.

1835 Nuovo a Chiloé e poi a Valdivia, dove assiste a un catastrofico terremoto che rade al suolo la cittadina di Concepción. Scrive un saggio, *February 1835*, dove compaiono alcuni riferimenti al trasformismo. Spedizioni sulle Ande cilene e peruviane. Il 15 settembre approda alle Galápagos, dove resterà cinque settimane. Il 15 novembre il Beagle raggiunge Tahiti, il 19 dicembre la Nuova Zelanda. In quell'autunno Henslow legge a Cambridge un resoconto delle osservazioni e delle scoperte di Darwin.

1836 E spedizioni interne in Australia e Tasmania. Il primo aprile il Beagle tocca le isole di Keeling, o Cocos. Dopo una tappa alle isole Mauritius, il 31 maggio Darwin arriva a Città del Capo in Sudafrica, dove incontra Sir John Herschel. Nel corso dell'estate avviene la lunga traversata del ritorno, passando per Sant'Elena, Ascensione, di nuovo Bahia, Pernambuco, le Azzorre. Toccano terra a Falmouth il 2 ottobre. Darwin torna a Cambridge e consegna i suoi reperti ai migliori specialisti inglesi. Inizia le sue assidue frequentazioni con Charles Lyell e Richard Owen. Oltre al Diario di Bordo, alle «note ornitologiche» e a taccuini specifici per le annotazioni geologiche, inizia a scrivere il *Red Notebook* e un saggio sulla formazione delle isole coralline.

1837 Stabilisce a Londra. Inizia la stesura, in privato, dei cinque Taccuini della Trasmutazione (in particolare A e B). In gennaio legge davanti alla Geological Society un saggio sull'innalzamento della cordigliera andina, seguito in maggio da un altro sulla pampa argentina e in giugno da uno sulle barriere coralline, su invito di Lyell. Comincia a ricevere dagli esperti le analisi dei reperti raccolti durante il viaggio. Frequenta i migliori salotti scientifici e filosofici londinesi. Inizia la stesura dell'opera in cinque volumi sulle faune raccolte durante il viaggio: *The Zoology of the Voyage of the Beagle*.

1838 Iniziano le comunicazioni geologiche (sul terremoto di Concepción, sulla formazione dell'humus per opera dei lombrichi, sui fenomeni vulcanici) e gli articoli (sulle terrazze geologiche del Glen Roy, uscito poi nel 1839). Prosegue i Taccuini della Trasmutazione (C, D ed E) e inizia a scrivere i «taccuini metafisici» (M e N). Inaugura le osservazioni etologiche allo zoo di Regent's Park. Viene eletto, insieme a Charles Dickens, membro dell'Athenaeum Club. Il 28 giugno è incoronata la regina Vittoria. In settembre legge il *Saggio sul principio di popolazione* di Thomas Malthus.

1839 gennaio viene eletto fellow della Royal Society e il 29 gennaio sposa la cugina Emma Wedgwood, una donna emancipata, colta e con un'educazione poliedrica, che gli darà dieci figli: William (1839-1914), Anne Elisabeth (1841-1851), Mary Eleanor (1842), Henrietta (1843-1929), George (1845-1912), Elisabeth (1847-1926), Francis (1848-1925), Leonard (1850-1943), Horace (1851-1928), Charles Waring (1856-1858). Pubblica la prima edizione

del suo *Journal of Researches*. Iniziano i problemi di salute, forse dovuti a un morbo contratto in viaggio.

~~1844~~il lavoro sui terremoti.

~~1842~~ in privato il primo «abbozzo» (*Sketch*) della sua teoria dell'evoluzione per selezione naturale, 35 pagine a matita (poi pubblicato postumo dal figlio Francis). Escono altre memorie geologiche sul Sud America e sugli antichi ghiacciai. Si trasferisce in una comoda residenza di campagna nel villaggio di Down, nel Kent, dove resterà per il resto della sua vita, sostentandosi grazie all'oculata amministrazione delle rendite familiari.

~~1843~~ Il botanico Joseph Hooker accetta di visionare i reperti botanici raccolti durante il viaggio e diventa un corrispondente privilegiato di Darwin, insieme poi a Thomas H. Huxley.

~~1844~~ in privato il primo saggio (*Essay*) della sua teoria dell'evoluzione per selezione naturale, 230 pagine (poi pubblicato postumo dal figlio Francis). Esce il volume di Robert Chambers, *Vestiges of the Natural History of Creation*. Proseguono le pubblicazioni delle osservazioni geologiche.

~~1845~~ *Journal of Researches* esce in edizione economica per i tipi di John Murray e diventa il *Viaggio di un naturalista intorno al mondo*, un successo editoriale internazionale.

~~1846~~ No la luce dopo quattro anni di lavoro le *Osservazioni geologiche sul Sud America*. Inizia a studiare i cirripedi.

~~1847-1850~~ di salute e i dubbi effetti delle idroterapie rallentano il lavoro. Il 13 novembre 1848 muore il padre. Continua lo studio per le monografie sui cirripedi.

~~1851~~ aprile perde la figlia prediletta Annie. Iniziano a diffondersi le idee di Herbert Spencer sull'evoluzione sociale.

~~1852-1853~~ pubblicare le monumentali monografie sui cirripedi, che gli valgono la Medaglia d'oro della Royal Society.

~~1854~~ a prendere appunti per un «grande libro delle specie», che vorrebbe intitolare *Natural Selection*. Si infittisce la corrispondenza con l'amico botanico di Harvard Asa Gray. Completa gli studi sui cirripedi.

~~1855-1856~~ dedica molto tempo allo studio delle modalità di dispersione delle specie nei mari. Scrive i primi lunghi e laboriosi capitoli di *Natural Selection*. Lyell lo informa degli studi di Alfred R. Wallace.

~~1857~~ in scrive un estratto di *Natural Selection* per Asa Gray. Scambia epistole con Wallace dall'arcipelago malese.

~~1858~~ giugno Darwin riceve il saggio di Wallace contenente una teoria evoluzionistica molto vicina alla sua. Per interesse di Lyell e Hooker, viene organizzata una comunicazione congiunta delle loro scoperte il primo di luglio alla Linnean Society. Darwin inizia a redigere in tutta fretta un compendio di *Natural Selection*. L'anatomista Hermann Schaaffhausen descrive un cranio rinvenuto in una grotta vicino a Düsseldorf, che sarà poi attribuito all'uomo di Neandertal.

~~1859~~ dieci mesi vede la luce *L'origine delle specie per selezione naturale, o la conservazione delle razze favorite nella lotta per la vita*, che esce per i tipi di John Murray il 24 novembre.

~~1860~~ oni vivaci all'opera. Scontro tra Thomas H. Huxley e il vescovo di Oxford Samuel Wilberforce, il 30 giugno, in occasione del trentesimo convegno della British Association for the Advancement of Science.

~~1861~~ ley organizza lezioni popolari sull'evoluzione. Darwin inizia a lavorare al tema delle variazioni e a un libro dedicato alla co-evoluzione tra insetti e orchidee.

~~1862~~ maggio esce il libro, molto apprezzato, sulle orchidee: *I diversi apparecchi per mezzo dei quali le orchidee vengono fecondate dagli insetti*. Wallace rientra a Londra.

~~1863~~ annuncia la scoperta del «proto-uccello» che Darwin aveva previsto: un fossile pennuto dissotterrato a Solenhofen in Germania, poi battezzato da Owen *Archaeopteryx*.

~~1864~~ come monografia della Linnean Society il volumetto *I movimenti e le abitudini delle piante rampicanti*. Huxley, Hooker, Spencer e altri darwiniani si coordinano per organizzare una campagna culturale a favore dell'evoluzione.

~~1865~~ pitano FitzRoy si suicida. Darwin continua a lavorare al libro sulle variazioni e formula l'ipotesi della «pangenesi».

~~1866~~ in incontra Ernst Haeckel. In Inghilterra si diffonde un'ondata di spiritismo alla moda. L'opera di Darwin viene sposata dai liberali inglesi.

~~1867~~ ano le obiezioni di Fleeming Jenkin e di William Thompson. Darwin lavora sul tema della selezione sessuale.

~~1868~~ il trattato sulla variazione: *Variazione degli animali e delle piante allo stato domestico*.

Mette mano al libro sull'uomo. Francis Galton cerca conferme alla teoria darwiniana.

~~1869~~ **1869** a spiritualista di Wallace. Saint George J. Mivart formula le sue obiezioni alla teoria. Viene fondata la rivista «Nature», dove i darwiniani sono protagonisti.

~~1870~~ **1870** ora sull'evoluzione umana e sul tema dell'origine delle credenze religiose.

~~1871~~ **1871** *L'origine dell'uomo, e la selezione in rapporto al sesso*. Stringe amicizia con un giovane filosofo americano allievo di Gray, Chauncey Wright, che lo aiuterà nel ribattere alle obiezioni di Wallace e di Mivart.

~~1872~~ **1872** la sesta e ultima edizione dell'*Origine delle specie*. In autunno esce la seconda parte del lavoro sull'uomo, un'altra opera di successo: *L'espressione delle emozioni nell'uomo e negli animali*.

~~1873-1874~~ **1873-1874** le ricerche botaniche. Darwin elabora nelle corrispondenze il suo «agnosticismo». Iniziano gli scambi con l'allievo George J. Romanes.

~~1875~~ **1875** e Lyell. Esce il volume *Le piante insettivore*. Darwin segue le traduzioni dei suoi libri. *I movimenti e le abitudini delle piante rampicanti*, del 1864, esce ora in versione commerciale. Pubblica anche una nuova edizione rivista e integrata di *Variazione degli animali e delle piante allo stato domestico*.

~~1876~~ **1876** pubblica un'altra monografia botanica, a partire dai suoi esperimenti sull'impollinazione: *Gli effetti della fecondazione incrociata e dell'autofecondazione nel regno vegetale*. Nuova edizione del libro sulle orchidee. A maggio inizia a scrivere la sua autobiografia privata, per la famiglia: *Ricordi dello sviluppo della mia mente e del mio carattere*.

~~1877~~ **1877** pubblica un libro sulla vita sessuale delle piante: *Le diverse forme dei fiori in piante della stessa specie*. Riceve la laurea *ad honorem* a Cambridge.

~~1878-1879~~ **1878-1879** le ricerche botaniche con l'aiuto del figlio Francis. Inizia a lavorare a una storia della sua famiglia e a un ritratto del nonno Erasmus.

~~1880~~ **1880** pubblica l'ultimo saggio di botanica, sul *Potere di movimento nelle piante*.

~~1881~~ **1881** la sua ultima opera: *La formazione della terra vegetale per opera dei lombrichi, con osservazioni sulle loro abitudini*. Torna a lavorare all'autobiografia. Muore il fratello maggiore Erasmus.

~~1882~~ **1882** Charles R. Darwin muore il 19 aprile, all'età di 73 anni. Viene sepolto con cerimonia solenne fra coloro che hanno reso grande l'Inghilterra, nell'abbazia di Westminster, accanto a John Herschel e a pochi passi da Isaac Newton.

Storia della critica

Il fatto e la teoria dell'evoluzione: il neodarwinismo

La ricezione della visione evoluzionistica seguì una biforcazione tra descrizione e spiegazione: mentre il fatto dell'evoluzione fu ben presto accettato e alla morte di Darwin in Inghilterra era considerato un dato pressoché appurato, attorno alla spiegazione selettiva e all'idea controintuitiva di un'interazione contingente fra variazioni individuali spontanee non direzionate e pressioni ambientali esterne si addensarono invece fin dall'inizio perplessità, ritrosie, aperte ostilità, talvolta annidate non soltanto nel fronte conservatore ma anche nei principali assertori del «darwinismo» (termine ufficializzato, significativamente, dal co-scopritore della selezione naturale, Alfred R. Wallace, nel 1889, anche se già adottato da Huxley, da Haeckel e da Chauncey Wright), oltre che in autorevoli esponenti della comunità scientifica non biologica come Lord Kelvin e John Herschel (il cui rifiuto della variazione arbitraria come spiegazione scientifica, nel 1861, deve essere stato particolarmente bruciante per Darwin).

Persino chi in altri paesi passò alla storia in qualità di promotore del darwinismo come «visione del mondo» e teoria universale dello sviluppo, in particolare per l'area tedesca lo zoologo di Jena Ernst Haeckel, autore nel 1866 di una influente *Morfologia generale degli organismi*, era in realtà spesso il derivato eclettico di più tradizioni di ricerca: nel caso di Haeckel, un ibrido di darwinismo, di lamarckismo, di morfologia panteistica goethiana, di «ecologia» (uno dei suoi neologismi), e di una peculiare teoria gerarchica degli individui o unità di evoluzione. Ma fare dell'evoluzione una «cosmologia» onnicomprensiva parve a Darwin sempre eccessivo. Per altre ragioni, non andò meglio in Francia, dove l'orgoglio nazionale lamarckiano e le critiche epistemologiche circa la solidità scientifica della teoria evoluzionistica avanzate da illustri biologi sperimentali come Louis Pasteur, Claude Bernard e Paul Broca si unirono per ritardare la ricezione. Un contesto culturale favorevole e reattivo fu invece quello russo, dove le opere di Darwin e di Huxley furono tradotte, commentate criticamente e valorizzate con rapidità. Negli Stati Uniti l'opera di diffusione di Asa Gray fu tenace, ma altrettanto lo furono le opposizioni di alcuni fra i maggiori esponenti delle istituzioni scientifiche d'oltreoceano.

Il rapporto irrisolto di Darwin con Lamarck aveva pure lasciato i suoi strascichi: irritato per le continue citazioni del francese da parte

dei commentatori, aveva scritto a Lyell che non c'era quasi niente in comune tra l'*Origine* e Lamarck e che quel sistema teorico era inaccettabile «perché implica necessariamente l'idea di progresso»; eppure, i principi dell'uso e del disuso e dell'ereditarietà dei caratteri acquisiti gli erano tornati utili in più occasioni, soprattutto negli ultimi anni, come ipotesi ausiliarie. Insieme al grande biologo tedesco August Weismann, fu proprio Wallace a emendare dalla teoria darwiniana le componenti di «ereditarietà soft» e ad affidare alla selezione naturale un ruolo prominente (nonostante la sua inaspettata «eccezione» spiritualista).

Studiando gli idrozoi, Weismann aveva scoperto negli anni Ottanta dell'Ottocento che le variazioni ereditarie che incidono sulla linea germinale e le variazioni non ereditarie che interessano gli organismi nel loro ciclo di vita andavano separate nettamente. Le seconde non potevano influenzare la continuità del «plasma germinale» e dunque era esclusa per via sperimentale ogni forma di ereditarietà delle caratteristiche acquisite, di influsso diretto dell'ambiente, così come dell'uso e del disuso. Il plasma germinale passa da una generazione all'altra, virtualmente eterno, mentre il «soma» dura il tempo dell'esistenza di un organismo. La natura, secondo Weismann, ha protetto il plasma germinale contenuto nel nucleo delle cellule sessuali (sotto forma di «filamenti») per garantire la continuità della discendenza, rendendolo impermeabile a ogni influenza contingente del soma. Se tutto è adattamento e se in virtù di questa distinzione che si dirà fra «genotipo» e «fenotipo» il lamarckismo diventa impossibile, soltanto la selezione naturale, alimentandosi delle variazioni che intervengono sulla linea germinale e che determinano poi la sopravvivenza differenziale degli organismi, può spiegare l'evoluzione.

In una celebre polemica del 1893 contro il lamarckian-darwinismo universale di Herbert Spencer, Weismann enunciò il principio della «completa sufficienza» della selezione naturale individuale nel dar conto dei fenomeni evolutivi, individuando come fonte della variazione le ricombinazioni (poi dette cromosomiche) che avvengono nella riproduzione sessuale e che introducono varianti sempre nuove. George J. Romanes, in due fondamentali studi critici del 1892 e del 1893, coniò il termine «neodarwinismo» proprio per indicare questa versione della teoria darwiniana senza più «residui» lamarckiani. Ma la riaffermazione del nocciolo variazione-selezione darwiniano doveva ancora conquistarsi il consenso nella comunità scientifica, in particolare nei campi della paleontologia e degli studi sulla trasmissione ereditaria.

Oltre alle critiche verso la teoria della pangenesi e ai dubbi che molti, e non solo Wallace, ebbero nei confronti della validità della selezione sessuale, l'agnosticismo (già di Lyell) circa l'effettivo potere

plasmante della selezione naturale continuò infatti a diffondersi, aiutato in questo dalla mancanza di «dialogo» che rimase tra la spiegazione darwiniana e l'avvio delle galoppanti ricerche sull'ereditarietà particellare innescate dalla triplice riscoperta nel 1899 e 1900 – da parte rispettivamente di Hugo De Vries, Erich von Tschermak e Carl Correns – delle ricerche sul pisello comune *Pisum sativum* condotte dall'abate agostiniano di Brno Gregor Mendel. Le osservazioni di quest'ultimo sulla trasmissione di caratteri discreti, dominanti e recessivi, e sulle loro combinazioni come unità particolate erano state comunicate alla Società di Storia Naturale di Brno nel 1866, senza ottenere l'adeguata attenzione. Nel 1889 il botanico olandese De Vries aveva formulato la sua teoria della «pangenesi intracellulare» sostenendo di essersi ispirato proprio a Darwin, al quale aveva fatto visita a Londra nel 1878, e ai suoi studi sulla variazione ereditaria nelle piante. Dieci anni dopo, nel 1899, una copia dello studio di Mendel circa «esperimenti sugli ibridi delle piante» finì sulla scrivania di De Vries.

Le critiche scientifiche interne e quelle scientifiche esterne

Con l'approssimarsi del primo centenario darwiniano nel 1909, troviamo così un vivace dibattito scientifico animato, da una parte, da una varietà di interpretazioni e riletture del darwinismo e, dall'altra, da un'intera gamma di aspiranti teorie evoluzionistiche alternative. Alcune proposte di «critica interna» miravano a riaffermare la teoria darwiniana, bisognosa tuttavia di espansioni, integrazioni, aggiornamenti e revisioni: naturalisti come Moritz Wagner ebbero il merito di recuperare il tema giovanile darwiniano, poi eclissato, della centralità dell'isolamento geografico, e conseguentemente riproduttivo, per la formazione di nuove specie; altri autori, come Wilhelm Roux e lo stesso Weismann, lavorarono a un perfezionamento dei molteplici meccanismi selettivi, ipotizzando per esempio nel 1902, nei *Discorsi sulla teoria della discendenza* di Weismann, una «selezione naturale a livello germinale» che spiegasse la dismissione e la degenerazione di organi divenuti inutili.

Roux nel 1881 pubblicò un volume affascinante e anticipatore, *La battaglia delle parti nell'organismo*, che Darwin lesse e apprezzò moltissimo («si tratta del più importante libro sull'Evoluzione pubblicato negli ultimi anni», scrisse a Romanes il 16 aprile 1881) per via delle ipotesi in esso contenute circa «l'esistenza di una lotta entro ciascun organismo tra le molecole organiche, le cellule e gli organi», il cui esito sarebbe lo sviluppo di forme stabili. Grazie a queste linee di studio, e ai dibattiti che ne seguirono, il darwinismo non fu mai in realtà un programma di ricerca statico e regressivo, nemmeno nella sua fase cosiddetta di «eclisse» (Bowler, 1983), bensì un cantiere aperto mosso da ipotesi, aggiustamenti e affinamenti. I «darwinismi» continuarono a evolvere grazie alla popolazione eterogenea delle loro manifestazioni individuali.

Gli avversari della visione darwiniana intanto abbondavano e spaziavano dallo scrittore e saggista Samuel Butler (che aveva attaccato sia Darwin sia il nonno Erasmus in *Evolution Old and New*) all'aristocratico russo convertitosi all'anarchismo, Pëtr A. Kropotkin, geografo e naturalista convinto che la legge fondamentale dell'evoluzione fosse non la competizione bensì la cooperazione fra gli animali, intesa come abitudine ereditabile. Continuava poi a pesare l'ipoteca negativa di Lord Kelvin sull'età della Terra. Le proposte di «critica esterna scientifica» erano quindi di tutt'altro tenore rispetto a quelle «interne» e puntavano alla sostituzione radicale della teoria darwiniana con programmi di ricerca rivali, come è bene che sia in linea di principio in qualsiasi arena di dibattito scientifico.

I tentativi di confutazione del darwinismo ruotarono attorno a tre categorie principali, non prive di innumerevoli sfumature interne e di

sovrapposizioni:

- la ricerca delle reali fonti della variazione portò alcuni al «neolamarckismo» di fine Ottocento, così battezzato dal naturalista Alpheus S. Packard, allievo di Louis Agassiz, ittologo e potente direttore del Museo di Zoologia di Harvard, essenzialista, catastrofista e accesa mente antidarwiniano dalla prima ora; si trattava di una corrente particolarmente potente negli Stati Uniti e sintetizzabile nell'idea che la variabilità fosse direzionata dall'ambiente, che la selezione avesse solo un ruolo negativo e che le linee di discendenza progredissero in parallelo verso strutture sempre più complesse; fu impersonata da autori come il paleontologo Edward D. Cope e dalla sua ipotesi del 1877 circa l'origine non selettiva del più adatto, da un altro allievo di Agassiz, Alpheus Hyatt, convinto che l'evoluzione fosse un processo di aggiunzione di stadi di sviluppo, dal paleontologo James Dwight Dana, ma anche da quell'Herbert Spencer, già evoluzionista prima che Darwin pubblicasse l'*Origine*, che nel 1893 finiva per pubblicare un saggio sulla «inadeguatezza della selezione naturale»;

- le forze interne del cambiamento e i casi di apparente evoluzione lineare, direzionale e non adattativa furono indagati dai teorici dell'«ortogenesi», come gli zoologi tedeschi Wilhelm Haacke e Theodor Eimer, secondo i quali l'evoluzione sarebbe stata sospinta da principi di crescita lineare dell'organizzazione strutturale, da leggi generali di sviluppo e di predisposizione interna verso la formazione di determinati caratteri, se non persino da una «aristogenesi» progressiva come nel grande paleontologo dei mammiferi Henri F. Osborn, dal 1908 al 1933 presidente dell'American Museum of Natural History di New York;

- il motto *natura non facit saltum*, già criticato da Huxley, fu contraddetto da studiosi delle variazioni come il biologo inglese William Bateson, convinto che le modificazioni tra le specie, in quanto entità discrete, fossero discontinue e intermittenti; siffatte teorie «saltazionali» e «macromutazioniste» furono sposate da De Vries e dai primi genetisti mendeliani (i termini «gene» e «genetica» furono conati nei primi anni del Novecento proprio da Bateson e da Wilhelm L. Johannsen, rifacendosi agli studi di De Vries) convinti che il cambiamento scaturisse direttamente da mutazioni sistemiche favorevoli, di grande entità, emerse improvvisamente negli organismi, come i «mostri promettenti» del genetista di origini tedesche Richard Goldschmidt.

Le acque agitate delle controversie evoluzionistiche di inizio secolo cominciarono a diventare più limpide soltanto negli anni Venti e queste critiche scientifiche esterne entrarono in crisi una a una. La

scoperta della radioattività aveva permesso di ricalcolare l'età della Terra e di confutare la stima restrittiva di Lord Kelvin. Con la corretta interpretazione dei fossili ottocenteschi di Neandertal, il rinvenimento del *Pithecanthropus erectus* a Giava nel 1891 da parte di Eugène Dubois e poi le prime scoperte sulle australopithecine, la paleontologia iniziava a delineare le principali fasi dell'evoluzione umana. Gli sviluppi della genetica del moscerino della frutta intrapresi da Thomas Hunt Morgan, la prima genetica di popolazione e la biometria fecero comprendere assai meglio le relazioni fra la variabilità e l'ambiente. Si intuì nel 1916 che le macromutazioni, quasi sempre deleterie, ben difficilmente potevano avere un ruolo evolutivo e che al contrario erano le variazioni di piccola entità, accumulate nel tempo e sottoposte al vaglio della selezione, a fornire il rifornimento indispensabile affinché le popolazioni potessero evolvere. Era la prova che le leggi dell'ereditarietà di Mendel non contraddicevano, ma al contrario avvaloravano la teoria della selezione naturale.

Grazie alla perizia statistica delle analisi quantitative di Ronald A. Fisher, di John Burdon Sanderson Haldane e di Sewall Wright si capì che poteva essere delineata un'ambiziosa «teoria genetica della selezione naturale» capace di unire mendelismo e darwinismo in un'inedita alleanza o «sintesi moderna», come verrà definita dal biologo teorico Julian Huxley, nipote di Thomas H., nel 1942. In opere di fondazione paradigmatica come *The Genetical Theory of Natural Selection* di Fisher del 1930 e *Genetics and the Origin of Species* di Theodosius Dobzhansky del 1937, l'evoluzione per selezione naturale veniva riletta come una dinamica di diffusione differenziale di varianti genetiche all'interno delle popolazioni biologiche. Con i calcoli e i complessi modelli di Fisher che spiegano l'emergere di caratteri «poligenici» (come la statura) si aprì la strada alla comprensione della reale natura delle mutazioni. Era una nuova forma di «neodarwinismo», cioè una seconda riformulazione del nocciolo darwiniano variazione-selezione, metodologicamente all'altezza per confrontarsi di lì a poco con le scoperte relative alla struttura molecolare del Dna e alla codifica dell'informazione genetica.

Il clima caloroso e trionfante delle celebrazioni per il primo centenario dell'*Origine*, nel 1959, fu dunque ben diverso da quello freddo e irrequieto di cinquant'anni prima. La fusione di mendelismo e darwinismo permise di costruire per la prima volta un programma di ricerca evolucionistico unificato, il cui nucleo teorico (la discendenza comune e la teoria genetica della selezione naturale) poteva spaziare su una base empirica che andava dalla paleontologia alla genetica batterica, passando per tutte le branche delle scienze naturali. Incastrando le «fondamenta» microscopiche dell'ereditarietà e il «tetto» macroscopico dell'evoluzione delle popolazioni per selezione,

giungeva al suo apice sperimentale la metodologia darwiniana di far convergere prove empiriche eterogenee, dai milioni di anni di un fossile alle minuzie delle mutazioni in una drosofila. Unica eccezione geopolitica a questa unificazione fu l'Unione Sovietica staliniana, che impose il controllo ideologico sulla ricerca in campo biologico e agrario, stroncando così una fiorente tradizione nazionale di studi evoluzionistici, attraverso la delirante fusione di materialismo dialettico e neolamarckismo nella figura di Trofim Lysenko.

La Sintesi Moderna

La Sintesi Moderna chiaramente non era un monolite e contemplava al suo interno la convivenza di almeno due tradizioni di ricerca incompressibili, quella dei genetisti di popolazione da una parte e quella di naturalisti come Ernst Mayr (che in *Systematics and the Origin of Species* del 1942 darà un contributo fondamentale alla sistematica e alla teoria della speciazione), di paleontologi come George Gaylord Simpson (autore di *Tempo and Mode in Evolution* del 1944) e di teorici come Julian Huxley, dall'altra. Il potere unificante della Sintesi fu ciò nonostante duraturo, benché fosse stato acquistato al prezzo di un irrigidimento teorico attorno ad alcuni postulati forti: fra gli altri, il gradualismo darwiniano stretto; l'estrapolazione dell'intera panopia di fenomeni evoluzionistici – alla scala degli organismi, delle specie e degli ecosistemi – da dinamiche microevolutive a livello genico; il funzionalismo adattazionista, per cui si è sempre privilegiata, nella spiegazione, l'associazione fra utilità attuale e origine storica dei tratti adattativi. Il risultato di questo indurimento epistemologico e metodologico fu che alcuni campi non meno importanti – come l'ecologia, l'embriologia e l'evoluzione della mente – non furono valorizzati adeguatamente nella nuova cornice di riferimento e rimasero in secondo piano per un lungo periodo.

Benché talvolta le posizioni della Sintesi Moderna abbiano assunto la forma di un «ultradarwinismo» radicale (più nelle manifestazioni divulgative che nella letteratura scientifica sperimentale), le innovazioni teoriche introdotte rispetto al dettato darwiniano furono considerevoli. Innanzitutto, l'unità di selezione smetteva di essere soltanto l'organismo, inteso come un tutto integrato e correlato, e diventava per alcuni il gene, atomo fondamentale di trasmissione dell'informazione biologica, votato alla massima diffusione possibile di copie di sé nella discendenza (al punto da trasformare gli organismi, nell'ultradarwinismo dell'etologo Richard Dawkins, in veicoli di interazione dei propri «replicatori egoisti»). Si trattava di uno spostamento di prospettiva sostanziale, che si accompagnava a un'interpretazione quasi antropomorfa della selezione naturale come ottimizzatore di adattamenti, vero e proprio sostituto ideale e metaforico del vecchio designer.

Sul piano sperimentale si scoprì inoltre, grazie alle ricerche di Sewall Wright già nei primi anni Trenta, che una porzione considerevole di varianti genetiche si sedimentavano nelle specie non per selezione naturale, ma come conseguenza meramente statistica e casuale della particolare struttura popolazionale della specie. Se una piccola popolazione rimaneva isolata dal gruppo principale, oppure si spostava altrove per andare a colonizzare un'altra regione («effetto del

fondatore»), oppure veniva decimata rapidamente al punto da sopravvivere in pochi esemplari («effetto collo di bottiglia»), si verificava una riduzione e un campionamento casuale delle variazioni originariamente presenti nella popolazione madre. Si capì che questa «deriva genetica» influiva decisamente sulle caratteristiche biologiche dei discendenti di quella piccola popolazione separata e che molti caratteri andavano spiegati non attraverso la loro funzione adattativa, bensì in virtù di simili processi storici e contingenti.

Negli anni Sessanta – grazie al lavoro di evoluzionisti autorevoli come William Hamilton, John Maynard Smith, George Williams – furono approfondite le dinamiche «sociali» dei meccanismi selettivi, in base per esempio alle frequenze di un certo tratto adattativo nella popolazione e agli equilibri fra «strategie evolutivamente stabili». Hamilton comprese che i comportamenti altruistici, prosociali e non direttamente riproduttivi in natura potevano in molti casi essere spiegati attraverso la «selezione di parentela», cioè il contributo adattativo offerto a parenti, a membri imparentati presenti nel gruppo o all'intera comunità (come nei «superorganismi» formati dagli insetti eusociali), in quanto possessori in varia misura di percentuali dei propri stessi geni. Questo egoismo genetico indiretto ispirò fra gli altri l'entomologo di Harvard Edward O. Wilson, il cui testo fondativo del 1975 sulla «sociobiologia» in coda proponeva un'applicazione di questi principi anche alla socialità umana.

Un lungo fraintendimento

Si riaprì in questo modo un dibattito che già in epoche precedenti era stato rovente. La storia della ricezione della visione evoluzionistica passa infatti anche attraverso il proliferare di eterogenei e molteplici «darwinismi sociali», un «guazzabuglio» di etichette spesso usate per screditare a priori il ruolo delle spiegazioni evoluzionistiche in campo sociale (La Vergata, 2009): dal darwinismo sociale di Darwin stesso, il quale accettava che i più nobili sentimenti umani, grazie all'assistenza e all'igiene, indebolissero i benefici effetti della selezione naturale sulla società, ma con opportune contromisure, per esempio «impedendo agli individui più deboli e inferiori di sposarsi liberamente come i sani», come scrive nell'*Origine dell'uomo*; a quelli più baldanzosi dei decenni successivi, ovvero darwinismi sociali di estrazione politica profondamente diversa (dal socialismo al conservatorismo più retrivo), spesso implicanti un quasi totale fraintendimento della teoria darwiniana (essendo il più delle volte assimilabili a forme di lamarckismo e spencerismo), e variamente mescolati da autore ad autore in un arcipelago di posizioni idiosincratiche e di visioni di società, con tesi eugenetiche, posizioni nazionalistiche aggressive, idee razziste, forme di antropometria classificatoria, umanitarismi e filantropismi d'altri tempi.

Una visita di Spencer negli Stati Uniti nel 1882, pochi anni dopo l'uscita dei primi *Principles of Sociology*, aveva per esempio lasciato forti impressioni in magnati dell'acciaio come Andrew Carnegie, affascinati dall'idea che la competizione «darwiniana» più dura temprasse i migliori nell'arena della vita. Si tratta però di interpretazioni metaforiche e ideologiche, diffusissime anche in seguito, che si distaccano sia dai contenuti scientifici della teoria darwiniana sia dai personali convincimenti politici di Darwin. Si è molto fantasticato e frainteso anche attorno al presunto legame fra il naturalista inglese e Karl Marx. Nonostante alcune dicerie storiografiche, Marx non chiese a Darwin di potergli dedicare *Il Capitale*: gliene inviò una copia autografata nel 1873, in seconda edizione. Darwin lo ringraziò con una lettera di cortesia così formale da sembrare imbarazzata.

La copia del volume nella biblioteca di Down House è pressoché intonsa: solo le prime 105 pagine su 822 sono aperte, e non hanno annotazioni. Non sfogliò nemmeno l'indice. Marx, da parte sua, raffreddò ben presto i suoi entusiasmi per l'evoluzione darwiniana quando vi colse quelli che a suo avviso erano i «pregiudizi ideologici» borghesi e maltusiani della libera concorrenza. Il fraintendimento nacque probabilmente dal fatto che a chiedere a Darwin nel 1880 di potergli dedicare un'opera (*The Student's Darwin*) fu Edward Aveling,

protagonista del «pranzo degli atei» che abbiamo descritto nel capitolo sesto, poi compagno della figlia di Marx, Eleanor. Darwin, fiutando l'opportunismo della richiesta di Aveling (e non di Marx), cortesemente rifiutò.

Ma era solo l'inizio del lungo fraintendimento. La triste giustificazione della guerra tra i popoli in chiave «darwiniana», diffusa durante la prima guerra mondiale in ambienti tedeschi – dove si faceva ancora sentire l'eredità del duro social-darwinismo materialistico di Haeckel –, fu uno dei peggiori abusi delle idee del naturalista inglese e lasciò in pensatori democratici come l'americano William Jennings Bryan un'impressione talmente negativa da indurli a lanciare le prime campagne contro l'insegnamento dell'evoluzione nelle scuole (addossando così la responsabilità teorica a chi in realtà era la prima vittima dell'abuso, cioè Darwin). Bryan diventerà nel 1925 il principale accusatore nel processo Scopes a Dayton, in Tennessee, l'evento storico considerato idealmente come l'inizio del conflitto tra il darwinismo e il fondamentalismo protestante statunitense, che poi assumerà le vesti di aperta negazione del fatto dell'evoluzione a favore di un'interpretazione letterale della Bibbia come documento storico e scientifico.

Questo «creazionismo scientifico» letteralista sarà protagonista di ripetuti attacchi di matrice religiosa contro la teoria dell'evoluzione – prima confinati negli stati federali del sud a maggioranza battista (la «cintura della Bibbia»), poi diffusi in tutti gli Stati Uniti e ora anche in altri paesi – sia sotto forma di pretestuose e sterili critiche negazioniste alle evidenze inoppugnabili del cambiamento evolutivo sia sotto forma di danarose cause legali per il riconoscimento delle pari opportunità di insegnamento nelle ore di scienze per le due presunte «scuole di pensiero». È interessante notare che mentre le *critiche esterne scientifiche* alla teoria darwiniana venivano a cadere una dopo l'altra grazie all'affermazione sperimentale e ai successi della Sintesi Moderna, saranno le *critiche esterne non scientifiche* come queste a monopolizzare il dibattito attorno alla rivoluzione darwiniana.

A partire dalla metà degli anni Ottanta del Novecento anche il creazionismo americano ha seguito la biforcazione tra descrizione e spiegazione, «evolvendosi» in una nuova forma di antidarwinismo, il cosiddetto «Intelligent Design» o neocreazionismo, che non nega più la realtà delle trasformazioni e delle parentele delle specie, ma le attribuisce a una spiegazione finalistica e alle intenzioni di un sommo progettista intelligente, recuperando così fedelmente le argomentazioni metafisiche e pre-scientifiche della teologia naturale di William Paley e facendo leva propagandistica, grazie a ingenti finanziamenti privati, sulla capacità di persuasione cognitiva ed emotiva delle visioni teleologiche.

Il carattere contingente dell'evoluzione resta così l'elemento più difficile da metabolizzare della rivoluzione darwiniana. In alcuni consapevoli o involontari fiancheggiatori filosofici dell'Intelligent Design riemergono infatti, nel solco di Asa Gray, i tentativi di rendere compatibile l'evoluzione e la teleologia proposti a suo tempo dal gesuita, naturalista e paleontologo di vaglia, Pierre Teilhard de Chardin, attraverso la sua ortogenesi finalistica universale. Una delle tecniche retoriche più frequentemente adottate dal neocreazionismo è infatti quella di «insinuarsi» nelle normali controversie interne al programma di ricerca evoluzionistico e di strumentalizzarle drammaticamente come se fossero il segno di una sua fatale debolezza. In assenza di evidenze e di qualsiasi proposta scientifica alternativa, si cerca di sollevare una cortina di fumo e di discredito su un vasto campo di ricerche che oggi spazia fra discipline molto diverse e raccoglie prove convergenti schiaccianti all'interno di una cornice teorica coerente.

Verso una sintesi neodarwiniana estesa

Le occasioni di «critica interna», potenzialmente strumentalizzabili, sono in effetti aumentate, almeno a partire dalla metà degli anni Settanta del Novecento, perché la Sintesi Moderna dopo alcuni decenni propulsivi ha cominciato a mostrare la corda rispetto a svariate linee di aggiornamento sperimentale. Si tratta però, per l'appunto, di critiche «interne», nel senso che non offrono alcuna sponda a intromissioni extrascientifiche né presuppongono la costituzione di un programma di ricerca alternativo, bensì la revisione e l'estensione di quello esistente, il cui nucleo resta saldamente di tipo darwiniano. Scienziati di impostazione strutturalista che pure si sono posti al di fuori della tradizione di ricerca darwiniana, uno fra tutti il biologo matematico scozzese D'Arcy Wentworth Thompson, autore dell'importante volume *On Growth and Form* del 1917, sono oggi ritenuti i precursori di studi (morfometrici nel caso di Thompson) sulla «biologia della forma» che possono utilmente integrare il funzionalismo darwiniano. La discussione riguarda semmai l'entità della revisione teorica, che deve essere profonda e sistemica secondo alcuni (al punto da prefigurare la necessità di una nuova «sintesi estesa»), mentre secondo altri basteranno aggiustamenti più superficiali.

La possibilità che il neodarwinismo contemporaneo (potremmo dire, di terza generazione) si presenti in realtà come un «pluralismo darwiniano» – e come un inaspettato recupero proprio dell'originaria flessibilità teorica del naturalista inglese – fu argomentata efficacemente dal paleontologo americano Stephen J. Gould, prematuramente scomparso nel 2002, secondo il quale la struttura arboriforme della teoria dell'evoluzione andava riconfigurata a partire dal tronco darwiniano (variazione-selezione) ma con nuovi rami e ramoscelli più in alto (Gould, 2002). La metafora sembra oggi particolarmente calzante perché se analizziamo i maggiori avanzamenti sperimentali in campo evoluzionistico notiamo effettivamente una diversificazione coordinata dei fattori di cambiamento.

La teoria degli equilibri punteggiati, formulata nel 1972 proprio da Gould e dal collega paleontologo degli invertebrati Niles Eldredge, evidenzia il ruolo dell'isolamento geografico di piccole popolazioni nella speciazione e la presenza di più «ritmi» di trasformazione (puntuazionali in talune circostanze, più lenti in altre). Le alterazioni su larga scala degli ecosistemi sono diventate un altro cardine della spiegazione evoluzionistica, permettendo di comprendere gli schemi di turnover rapido di faune, le radiazioni adattative più esplosive, le grandi estinzioni di massa, correggendo il gradualismo stretto di

Darwin ma senza con ciò negare o sostituire il nucleo dei processi da lui individuati. Piuttosto, si evince che modelli e cause dell'evoluzione a livello delle specie e delle categorie tassonomiche superiori non sono interamente estrapolabili da dinamiche microevolutive.

La selezione naturale, operando a più livelli (non solo geni e organismi, ma forse anche gruppi), è in effetti il principale ma non unico fattore plasmante, se è vero che i genomi sono ricchi di sequenze e cambiamenti «neutrali» e che la deriva genetica casuale è una protagonista sempre più centrale dell'evoluzione, con alte frequenze relative che erano state sottostimate. La biologia evoluzionistica dello sviluppo, scoprendo i geni «architetti» dello sviluppo comuni a tutti gli animali, conferma che davvero l'evoluzione è un gioco di compromessi efficaci fra le pressioni selettive esterne (le «condizioni di esistenza» di Darwin) e l'insieme dei vincoli strutturali interni – fisici, morfologici, di sviluppo – che condizionano la variazione e che hanno costretto in forme modulari le maggiori innovazioni evolutive nei piani corporei. Il materiale grezzo dell'evoluzione, quindi, non è così isotropo ed è portatore di canalizzazioni interne e di sviluppo, come aveva intuito negli anni Sessanta il biologo inglese dai multiformi interessi Conrad H. Waddington. Le sorgenti stesse di variazione (genetica ed epigenetica) sono più diversificate di quanto si pensasse in passato e il processo selettivo lavora con il materiale a disposizione, in quel bricolage di strutture e di funzioni che Darwin aveva presagito discutendo di «cambiamento funzionale» (oggi «exaptation») nella sesta edizione dell'*Origine* e nel libro sulle orchidee.

L'elenco degli aggiornamenti potrebbe continuare, citando le scoperte di questi anni sulla regolazione genica, sui geni omologhi e sulle loro piccole differenze tra specie affini, sulla plasticità fenotipica, sulle capacità degli organismi di «costruire le nicchie» ecologiche in cui pure sono immersi, sull'influenza dei meccanismi di autorganizzazione biologica, sulle interazioni fra evoluzione biologica ed evoluzione culturale (non solo nella specie umana), sul ruolo dell'evoluzione nelle scienze biomediche. Questo rimaneggiamento in senso espansivo del nucleo darwiniano sta oggi conducendo a una nuova versione della teoria evoluzionistica, dentro la quale l'attualità della «visione della vita» di Darwin, un secolo e mezzo dopo, va rafforzandosi anziché scemando, grazie soprattutto alle analisi genomiche comparative che stanno finalmente riunendo in un'unica prospettiva coerente la biologia molecolare e la biologia evoluzionistica. Una rilettura in senso pluralista dell'opera del naturalista inglese, per come è stata proposta in questa *Introduzione*, ha quindi il doppio vantaggio di illuminare aspetti meno noti della sua logica di scoperta scientifica, in particolare nella lunga fase meno nota

che precede la pubblicazione dell'*Origine*, e al contempo di cogliere le ragioni della perdurante vitalità dell'eredità darwiniana nella biologia evoluzionistica contemporanea.

Darwin in Italia

Durante il viaggio attorno al mondo del Beagle, Darwin scrisse l'abbozzo di un saggio dal titolo *February 1835*, accarezzando tangenzialmente l'idea di «trasmutazione» delle specie. Aveva da poco ricevuto il secondo volume dei *Principles of Geology* di Lyell. Come abbiamo visto, fra altre idee influenti Darwin trovò nei ponderosi volumi di Lyell anche una discussione delle tesi del geologo e naturalista italiano Giovanni Battista Brocchi (1772-1827). Quando giunse in Inghilterra, Darwin riscrisse alcuni brani di *February 1835* nella seconda parte del *Red Notebook*, commentando le opinioni di quell'ispettore delle miniere italiano che aveva girato le Prealpi e gli Appennini in cerca di minerali e di conchiglie fossili.

Lyell, che parlava e leggeva l'italiano, si era recato nel nostro paese nel 1828 per ripercorrere le osservazioni sul campo di Brocchi, delle cui opere aveva letto in patria e che considerava uno dei migliori oppositori del catastrofismo. Così, a seguito della vorace lettura di Lyell, i primi taccuini di Darwin sono pieni di riferimenti all'Italia, ai suoi vulcani e alle sue montagne. Nel libro *Conchiologia fossile subappennina*, del 1814, Brocchi, interrogandosi proprio come Darwin sulle sostituzioni di specie estinte da parte di specie attuali somiglianti, e rifiutando sia la teoria di Linneo, secondo cui le specie del passato non si erano in realtà estinte ma erano migrate altrove, sia la teoria trasformista di Lamarck, suggeriva una sua soluzione alternativa. L'estinzione, ipotizzava Brocchi, è un fenomeno reale, come pensava anche Cuvier, ma non è dovuto a grandi catastrofi, bensì a un ciclo interno di vita delle specie, cioè a leggi predeterminate.

Come i singoli organismi nascono e muoiono per cause naturali, pensò Brocchi, così deve valere per le specie, che hanno una loro «nascita» (non meglio specificata) e una loro «morte». Come gli individui biologici, così le specie maturano, perdono un po' alla volta la loro «virtù prolifica» e infine si estinguono. Lyell commentò l'ipotesi di Brocchi nei *Principles*, dissentendo: non era d'accordo sull'estinzione, che pensava fosse causata dal mutare delle condizioni ambientali e non da un orologio interno. Darwin però non riusciva a trovare allora prove di cambiamenti ambientali che potessero spiegare l'estinzione del bradipo terrestre gigante, dei gliptodonti e di altre specie che aveva rinvenuto a Bahia Blanca e in altri luoghi della Patagonia. Ne venne fuori dunque uno strano cortocircuito fra

osservazioni e teoria. In contrasto con le idee di Lyell, Darwin si sentì attratto da quelle di Brocchi: responsabile della morte delle specie poteva essere davvero una sorta di invecchiamento regolare interno. Le nascite dovevano avvicinarsi alle estinzioni delle specie imparentate presenti nelle stesse regioni, come per la cavia attuale e quella fossile.

Così, grazie allo spunto di uno studioso italiano ben conosciuto in Inghilterra, l'idea che le specie si comportino come individui portò Darwin a ipotizzare, nelle prime pagine dei Taccuini, che esse fossero separate prima da barriere geografiche e poi da barriere riproduttive: che fossero, insomma, entità discrete in trasformazione, con confini netti fra l'una e l'altra. La storia prenderà poi un'altra direzione nella biografia scientifica di Darwin, tuttavia l'analogia fra specie e individuo – formulata da Brocchi e da altri prima di lui – continuerà a scavare le sue gallerie silenziose anche nel secolo successivo.

Da quell'intuizione del 1838 alla pubblicazione dell'*Origine delle specie*, e ai vivaci dibattiti che ne seguirono, passeranno più di vent'anni e i legami fra la teoria evoluzionistica e l'Italia ricominceranno ad annodarsi. Le idee di Darwin furono accolte anche nel nostro paese con grande interesse, rinnovando rapidamente le tradizioni di ricerca naturalistica locali. Una ricezione altrettanto estesa e motivata, con il plauso dello stesso Darwin finché fu in vita, si riscontra forse soltanto in Russia e in Germania, dove anatomisti e naturalisti di grande valore diedero vita a linee di ricerca autonome e innovative. L'Italia si distinse per alcune precoci e molto attive «scuole darwiniane», in modo speciale a Torino, Padova, Pavia, Firenze, Napoli e Modena. La pubblicazione dell'*Origine* nel 1859 avveniva tra l'altro in un momento di particolare fermento politico per l'Italia, impegnata nel processo di unificazione e, dopo il 1861, nell'organizzazione del nuovo Stato unitario.

I naturalisti italiani colsero subito, e ben prima dell'uscita dell'*Origine dell'uomo* nel 1871, le implicazioni della teoria dell'evoluzione per la comprensione dei rapporti di parentela fra la specie umana e il resto del vivente. Non solo, furono fra i primi, come Huxley in Inghilterra, a comprendere l'importanza di un'educazione scientifica diffusa, perseguita attraverso un'intensa attività editoriale e l'organizzazione di numerose conferenze e lezioni «popolari» molto seguite. Alcuni di essi, come senatori e rettori, furono anche impegnati nella ricostruzione della vita politica e universitaria della giovane nazione, che si affacciava sulla scena internazionale negli stessi anni in cui cresceva il dibattito sulle nuove teorie evoluzionistiche e in cui si istituzionalizzavano scienze umane come l'antropologia, la psicologia, l'etnologia e la paletnologia (fondata fra gli altri dal

naturalista Pellegrino Strobel, in forze a Parma e a Genova), alla luce di un nuovo sguardo naturalistico e interdisciplinare sul fenomeno umano.

Fra il 1865 e il 1890 tutte le opere editate di Darwin furono tradotte in italiano in modo accurato e competente (il che non sempre avvenne in altri paesi, come Darwin stesso lamentò), grazie soprattutto a Giovanni Canestrini (1835-1900) e a Michele Lessona (1823-1894). In diversi casi, studiosi che operavano in Italia – come fra gli altri il botanico Federico Delpino (1833-1905), lo zoologo Anton Dohrn (1840-1909) e Canestrini stesso – intrattennero con Darwin rapporti di amicizia e fitte corrispondenze durante le quali seppero offrire suggerimenti, e anche critiche, ritenuti molto utili dal naturalista inglese.

Se nel 1863, a Bologna, nelle sue lezioni di antropologia sull'antichità dell'uomo, il geologo e paleontologo Giovanni Capellini (1833-1922) aveva già difeso le teorie darwiniane, confortato dai reperti fossili rinvenuti durante il suo viaggio nell'America settentrionale, la sera dell'11 gennaio 1864 a Torino, nella celebre «lettura popolare» dal titolo *L'uomo e le scimmie*, il medico e zoologo Filippo De Filippi (1814-1867) intratteneva un uditorio di non addetti ai lavori con la teoria dell'evoluzione per selezione naturale, dando così inizio al dibattito pubblico italiano su questi temi. Formatosi tra Pavia e Milano, De Filippi era stato chiamato da Carlo Alberto alla cattedra di zoologia di Torino, che alcuni decenni prima era stata di Franco Andrea Bonelli, simpatizzante delle idee di Lamarck. De Filippi riconosceva la portata «rivoluzionaria» delle idee di Darwin, che permettevano di spiegare i numerosi dati raccolti fino a quel momento e di aprire una nuova via agli studi naturalistici. Dimostrato il legame di parentela tra l'uomo e le scimmie sulla base di solide prove anatomiche e morfologiche, egli sottolineava però al contempo (al modo di Wallace) l'incolmabile differenza che tra l'uomo e gli animali rimaneva sul piano intellettuale, morale e religioso, quasi a voler mitigare le prevedibili reazioni degli ambienti ecclesiastici, che non si faranno attendere.

Due anni dopo, il 22 marzo 1866, ebbe luogo a Modena una seconda celebre «lezione popolare», dal titolo *L'antichità dell'uomo*, questa volta tenuta dallo stesso Giovanni Canestrini, alla cui preziosa opera di diffusione sarà inestricabilmente legato il nome di Darwin in Italia. Canestrini, laureatosi in filosofia e in scienze fisico-naturali a Vienna, esiliato a Genova nel 1859 per le sue idee irredentiste, dal 1862 professore di zoologia a Modena e dal 1869 a Padova titolare della cattedra di zoologia, anatomia e fisiologia, nel 1864 aveva tradotto per la prima volta in italiano – con il consenso di Darwin e

l'aiuto del modenese Leonardo Salimbeni (1830-1889), poi docente di storia naturale e geografia al Collegio San Carlo – la terza edizione dell'*Origine delle Specie* per i tipi di Zanichelli. Nel 1860 e nel 1862 l'opera rivoluzionaria del naturalista inglese era stata tradotta rispettivamente in tedesco, in russo e (assai malamente) in francese. Nella breve prefazione i due curatori italiani sottolineavano la portata non solo scientifica dell'opera, la quale «tende a ridurre ai limiti più ristretti l'ingerenza immediata di una forza soprannaturale».

Il contributo di Canestrini non fu solo di divulgatore infaticabile, ma anche di ricercatore in diverse aree dell'«industria darwiniana», in particolare nell'evoluzione umana, meritandosi una citazione nell'*Origine dell'uomo*. L'adesione alla teoria non fu però fideistica, ma riflessiva e critica: non lo convinceva, per esempio, un'applicazione troppo estesa della selezione sessuale come spiegazione dei caratteri umani. Suo fu anche il primo manuale universitario in tre volumi di zoologia e anatomia comparata (1869-1872), concepito da un punto di vista evoluzionistico.

Canestrini da solo curerà poi la seconda edizione italiana, definitiva, dell'*Origine delle specie* uscita per Utet nel 1875. Quello stesso anno «Carlo Roberto Darwin» fu eletto socio onorario della Società dei naturalisti e matematici di Modena su proposta dello stesso Canestrini e Socio Straniero della Reale Accademia dei Lincei, la più prestigiosa fra le numerose cariche onorarie che gli furono attribuite da società e accademie scientifiche italiane. Tra queste, la Società italiana di scienze naturali con sede a Milano lo nominò socio corrispondente il 17 settembre 1868, in occasione del congresso di Vicenza, a cui partecipò anche uno studioso destinato ben presto a far molto parlare di sé, e non solo in campo medico-scientifico, lo psichiatra e criminologo Cesare Lombroso (1835-1909), professore a Pavia di clinica delle malattie mentali e antropologia, reso celebre da libri quali *Genio e follia* del 1872 o *L'uomo delinquente* del 1876. Con la scuola torinese di antropologia criminale di Lombroso si faranno sentire anche in Italia le indebite estensioni di un'interpretazione forzata del darwinismo, applicato alle «razze» e ai tipi umani, e mescolato a derivazioni dalla frenologia.

Nel frattempo, nel 1865, Michele Lessona aveva sostituito a Torino De Filippi – che morirà a Hong Kong nel 1867 durante la spedizione della pirocorvetta Magenta – divenendo un altro potente diffusore delle idee darwiniane nell'Italia unita (e traducendo ottimamente, fra l'altro, *L'origine dell'uomo* di Darwin, lo stesso anno della sua uscita in Inghilterra). Due anni dopo la comparsa della traduzione del 1875 di Canestrini, la teoria dell'evoluzione era ormai entrata in molte università della penisola, con i primi libri di testo e le introduzioni all'opera darwiniana. Numerose erano inoltre le opere di saggistica di

carattere più o meno divulgativo a firma di autori italiani dell'emergente generazione positivista o frutto di campagne di traduzione di lavori internazionali.

Nel 1894, quando Canestrini pubblicava per l'Unione Tipografica-Editrice Torinese il volume *Per l'evoluzione*, un'antologia di saggi con cenni storici sul darwinismo italiano, erano passati trent'anni dalla lezione pionieristica di De Filippi e la campagna in favore dell'evoluzione aveva nel complesso avuto successo. Nel 1892 Utet aveva pubblicato anche la trionfale *Storia della creazione naturale* di Ernst Haeckel. Non erano mancate certo le reazioni antidarwiniane, sempre sotto forma di libelli, di satire e di opuscoli filosofici e religiosi che nulla avevano a che vedere con la scienza, con l'eccezione delle critiche pertinenti mosse dallo zoologo Giovanni Giuseppe Bianconi a Bologna, certamente più mirate di quelle virulente del geologo e abate Antonio Stoppani. Negli anni Novanta dell'Ottocento Antonio Fogazzaro darà inizio ai tentativi «compatibilisti», sulla scorta del finalismo progressionista che sarà di Teilhard de Chardin, di conciliazione fra scienza e fede, vedendo nella specie umana un'«ascensione» spirituale mossa dall'evoluzione naturale stessa.

Nel 1869 gli animi sui due fronti si erano però scaldati. Il 21 marzo il fisiologo russo Aljeksàndr Herzen (1839-1906) tenne al Museo di Storia Naturale della Specola, a Firenze, un'altra conferenza popolare, dal titolo inequivocabile: *Sulla parentela fra l'uomo e le scimmie*. In essa venivano discusse le prove anatomiche a favore della discendenza comune fra l'uomo e le grandi scimmie, pur con tutte le dovute differenze. Herzen cercò anche di saggiare le possibilità di una concezione naturalistica dell'etica: non vi è degradazione morale nell'ammettere le proprie umili origini animali, ma al contrario l'orgoglio di essere arrivati, da soli, a siffatte vette intellettuali, secondo la celebre chiusa dell'*Origine dell'uomo*.

La reazione contro lo «sconcio» scenario evoluzionistico del senatore e abate Raffaello Lambruschini fu plateale: la scienza non poteva negare la teologia. Al che Herzen abbandonò gli ormeggi della diplomazia: questi vogliono «l'ignoranza obbligatoria pel popolo», affermava risoluto. Ne nasceva una polemica accesa cui partecipò prontamente anche il filologo Niccolò Tommaseo nel libello *L'uomo e la scimmia*, dove con feroce retorica antidarwiniana Herzen era definito «Mosè delle scimmie» e i praticanti della «scienza fetente» dell'evoluzionismo erano bollati come «bestie». In due illustri umanisti cattolici come Tommaseo e Fogazzaro ha inizio così la dualità di atteggiamenti – tra rifiuto totale e tentativi di «inclusione» metafisica – che caratterizzerà molti dibattiti successivi in ambienti teologici.

Difficile, tuttavia, mettere le briglie a una comunità scientifica

sempre più aperta alle scuole biologiche europee. Nell'estate del 1869 un altro libello darwiniano, all'Università di Cagliari, scritto da Francesco Barago, *L'uomo, fatto a immagine di Dio, fu fatto anche ad immagine delle scimmie*, aveva fatto discutere di sé. Pochi mesi dopo i dibattiti del 1869, proprio a Firenze, fu fondato il primo museo e istituita la prima cattedra di antropologia ed etnologia, tenuta da Paolo Mantegazza, prima medico patologo a Pavia, viaggiatore, politico, scrittore eclettico e prolifico, autore di libri di grande successo come la *Fisiologia del piacere* del 1854. Mantegazza intendeva la nuova disciplina come una «storia naturale dell'uomo» interpretata in chiave darwiniana. Egli fu in corrispondenza diretta con Darwin, che lo citò nell'*Origine dell'uomo*, in riferimento alle numerose notizie sugli ornamenti dei «selvaggi», tratte dal resoconto *Rio de la Plata e Tenerife. Viaggi e studi*, del 1867, che raccontava il suo soggiorno giovanile, avvenuto una decina di anni prima, in America Latina.

Celebre fu la commemorazione del naturalista inglese letta a Firenze il 21 maggio 1882 da Mantegazza, il quale si definiva nonostante tutto un darwiniano con «benefizio di inventario», poiché non condivideva alcuni aspetti della teoria, in particolare la selezione sessuale, e sospettava delle applicazioni del darwinismo al di fuori delle scienze naturali. In una lettera a Darwin del 1871 se la prendeva infatti con quei «cervelli balzani che vorrebbero allargare le idee darwiniane fino a portarle nei campi della morale, della filosofia sociale, perfino nell'astronomia e nella fisica terrestre» (Mantegazza, 1871, p. 306). Tra i suoi obiettivi polemici non potevano quindi mancare le esagerazioni, responsabili di «un'alluvione di fanatismo» (Mantegazza, 1877, pp. 477-482), di Ernst Haeckel, che fu molto popolare nell'Italia del tempo, dove vantava sostenitori «ultra-darwiniani» come Enrico Morselli (1852-1929), tra le figure più rappresentative del positivismo italiano, allievo di Canestrini, professore di clinica delle malattie nervose e mentali prima a Torino e poi a Genova, fondatore nel 1881 della «Rivista di filosofia scientifica» e curatore nel 1892 del volume collettaneo *Carlo Darwin e il darwinismo nelle scienze biologiche e sociali*.

Negli stessi anni anche Federico Delpino (1833-1905) – fra i fondatori della moderna biologia vegetale e della botanica sistematica, dal 1871 professore di scienze naturali prima a Firenze, poi a Genova, Bologna e Napoli – dialogava direttamente con Darwin. Insieme a un gruppo internazionale di botanici evoluzionisti, Delpino lavorò sulla variabilità nelle piante, ma non fu persuaso dall'ipotesi darwiniana della «pangenesi». Darwin ammise di aver trovato in Delpino, nonostante la sua concezione finalistica della biologia, un ottimo critico a questo proposito e di aver tratto giovamento dalle sue osservazioni. Darwin apprezzò a tal punto il saggio di Delpino *Sulla*

darwiniana teoria della pangenesi (1869) da farlo tradurre e pubblicare in inglese. Libri e saggi di Delpino sono stati trovati nella biblioteca di Down House, pieni di note a margine, con passaggi tradotti e annotati dalla moglie Emma, che conosceva l'italiano.

Il più significativo progetto darwiniano di quegli anni in Italia venne però realizzato nel meridione. La nuova cornice teorica offerta dalle rivoluzionarie idee darwiniane e l'interesse per le ricerche embriologiche e di anatomia comparata sugli organismi marini spinsero l'intraprendente e visionario zoologo tedesco Anton Dohrn (1840-1909), allievo di Haeckel a Jena, a fondare a Napoli nel 1872 una Stazione Zoologica aperta a scienziati di tutte le nazionalità, che diventerà ben presto uno dei più importanti centri di ricerca internazionali nel campo della biologia e dell'ecologia marine.

Dal 1867 al 1882 Dohrn intrattenne una ricca corrispondenza con Darwin, che in più occasioni sostenne anche economicamente la Stazione e il pregevole acquario aperto al pubblico. Gli studi di biologia marina di Dohrn sull'evoluzione degli artropodi e sull'origine dei vertebrati suscitarono il vivo interesse di Darwin. In una lettera del 24 maggio 1875, Darwin riconobbe l'importanza del principio del «cambiamento di funzione» individuato da Dohrn, un meccanismo di «bricolage evolutivo» considerato cruciale, come abbiamo visto, anche dal naturalista inglese per spiegare l'origine degli «organi di estrema complessità e perfezione». A Napoli si formò, tra gli altri, l'embriologo russo Alexandr Kovalevskij, i cui studi apprezzati da Darwin contribuirono alla diffusione delle idee evoluzionistiche nell'Europa orientale.

Il dialogo tra Darwin e l'Italia continuò anche dopo la morte del naturalista inglese, quando si accese il dibattito interno al programma di ricerca evoluzionistico su alcuni aspetti ancora problematici della spiegazione darwiniana, dal ruolo effettivo della selezione naturale alla modalità di trasmissione dei caratteri ereditari. Simbolicamente le celebrazioni darwiniane sottotono del 1909 coincisero in Italia con la scomparsa di una generazione di naturalisti, come Dohrn e Lombroso, che avevano vissuto in prima persona l'avvento e la diffusione della teoria dell'evoluzione.

A delineare questo frastagliato arcipelago evoluzionistico d'inizio secolo, che vide una proliferazione di posizioni spesso in aperto contrasto con la prospettiva darwiniana benché non prive di spunti di interesse, contribuirono anche zoologi italiani come il torinese Daniele Rosa (1857-1944), che formulò nel 1899 e nel 1909 la teoria dell'ologenesi. Sulla base di dati presi dalla citologia, dalla sistematica, dalla paleontologia e dalla biogeografia, Rosa sosteneva che cause interne di sviluppo avrebbero portato un'intera specie

(«ologenesi») a evolversi, a ramificarsi in specie figlie e infine a estinguersi per progressiva «riduzione della variabilità». Queste stesse cause producono anche la divaricazione dicotomica delle linee filitiche, secondo modalità che nelle descrizioni di Rosa del 1915 anticipano alcuni temi dell'attuale cladistica.

Anche in Italia si affermarono nel corso del Novecento stimolanti studi di biomatematica, grazie alle ricerche di matematici come Vito Volterra (1860-1940), che in collaborazione con il biologo Umberto D'Ancona (1896-1964), autore tra l'altro nel 1942 dell'interessante libro *La lotta per l'esistenza*, indagò le dinamiche di popolazione dei pesci in relazione alla pesca e allo sfruttamento razionale delle risorse marine, arrivando a formulare la legge delle fluttuazioni biologiche. I due diedero così un impulso significativo alla genetica ecologica e allo studio dell'evoluzione delle popolazioni naturali. In relazione a quanto stava succedendo nella comunità scientifica internazionale, dalla metà del secolo personalità come Pietro Omodeo e Giuseppe Montalenti (1904-1990) – entrambi aperti alla storia della scienza e all'impegno per un'alta divulgazione delle idee evoluzionistiche – contribuirono poi al rilancio degli studi evoluzionistici in Italia.

Montalenti, in particolare, collaboratore della Stazione zoologica di Napoli e titolare nel 1940 della prima cattedra di genetica in Italia all'Università partenopea, lasciata una ventina di anni dopo per Roma, accompagnò con i suoi saggi introduttivi il rilancio sul mercato editoriale italiano delle opere di Darwin, distinguendosi per i suoi lavori nel campo della genetica, disciplina di cui in Italia è considerato uno dei fondatori. In quegli stessi anni, grazie a scienziati come Adriano Buzzati Traverso (1913-1983) e Luigi Luca Cavalli Sforza, tra gli altri, l'Italia prenotava per sé un posto di primo piano nella genetica mondiale e nella fondazione della genetica umana con metodi statistici e quantitativi. Intrecciando tematiche genetiche con questioni evolutive, Buzzati negli anni Cinquanta e Sessanta s'interessò in particolare alla nuova biologia molecolare, fondando nel 1962, in quella Napoli che nell'Ottocento aveva ospitato il programma di ricerca di Dohrn, l'importante Laboratorio internazionale di genetica e biofisica.

Opere di Darwin (con indicate le principali edizioni italiane)

1829-1832, *Insects. Records of Captured Insects*, in J.F. Stephens, *Illustrations of British Entomology*, Baldwin and Cradock, London, 1829.

1836-1844, *Charles Darwin's Notebooks*, British Museum (Natural History)-Cornell University Press, Ithaca, New York, 1987, a cura di P.H. Barrett, P.J. Gautrey, S. Herbert, D. Kohn, S. Smith; trad. it. *Taccuini 1836-1844, Taccuino Rosso, Taccuino B, Taccuino E*, Laterza, Roma-Bari, 2008, a cura di T. Pievani, trad. di I. Blum; trad. it. *Taccuini filosofici (Taccuini M e N. Note sul senso morale. Teologia e selezione naturale)*, Utet Università, Torino, 2010, a cura di A. Attanasio.

1838-1843, edited by C. Darwin, *The Zoology of the Voyage of H.M.S. 'Beagle'*, five volumes, Smith, Elder and Co., Cornhill, London.

1839, *Journal of Researches into the Geology and Natural History of the Various Countries visited by H.M.S. 'Beagle'*, Henry Colburn, London, edizione rivista nel 1845 e nel 1860; trad. it. *Viaggio di un naturalista intorno al mondo*, Einaudi, Torino, 1989; Giunti, Firenze, 2002; Feltrinelli, Milano, 2009.

1842, *Sketch*, in *The Foundations of the Origin of Species, Two Essays written in 1842 and 1844*, Cambridge University Press, Cambridge, 1909, ed. by Francis Darwin; trad. it. in *L'origine delle specie, Abbozzo del 1842 – Lettere 1844-1858 – Comunicazione del 1858*, Einaudi, Torino, 2009, a cura di T. Pievani, trad. di I. Blum.

1842, *The Structure and Distribution of Coral Reefs*, Smith, Elder and Co., London, nuova edizione 1874; trad. it. in *Opere geologiche*, Hevelius Edizioni, Benevento, 2004, a cura di G. Chiesura.

1844, *Essay*, in *The Foundations of the Origin of Species, Two Essays written in 1842 and 1844*, Cambridge University Press, Cambridge, 1909, ed. by Francis Darwin; trad. it. in C. Darwin, *L'evoluzione*, Newton Compton, Roma, 1994, pp. 63-161.

1844, *Geological Observations on the Volcanic Islands Visited During the Voyage of H.M.S. 'Beagle'*, Smith, Elder and Co., Cornhill, London; trad. it. in *Opere geologiche*, cit., 2004.

1846, *Geological Observations on South America*, Smith, Elder and Co., Cornhill, London; trad. it. in *Opere geologiche*, cit., 2004.

1851, *A Monograph on the Fossil Lepadidae, or, Pedunculated Cirripedes of Great Britain*, Palaeontographical Society, London.

1851-1854, *A Monograph on the Sub-Class Cirripedia*, 2 voll., Ray Society, London.

1854, *A Monograph on the Fossil Balanidae and Verrucidae of Great Britain*, Palaeontographical Society, London.

1858, *On the tendency of species to form varieties, and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection*, con A.R. Wallace, in «Journal of the Proceedings of the Linnean Society of London», vol. III, 9, pp. 45-62; trad. it. in *L'origine delle specie, Abbozzo del 1842 – Lettere 1844-1858 – Comunicazione del 1858*, cit., 2009.

1859, *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, John Murray, London, 2° ed. 1860, 3° ed. 1861, 4° ed. 1866, 5° ed. 1869, 6° ed. 1872; trad. it. *L'origine delle specie*, 6° ed., Bollati Boringhieri, Torino, 1967, trad. di L. Fratini; 6° ed., in C. Darwin, *L'evoluzione*, Newton Compton, Roma, 1994, pp. 175-522, trad. di C. Balducci; 1° ed., BUR Rizzoli, Milano, 2009, trad. di G. Pancaldi.

1862, *On the Various Contrivances by which Orchids are Fertilised by Insects, and on the Good Effects of Intercrossing*, John Murray, London, 2° ed. 1877; trad. it. *I diversi apparecchi per mezzo dei quali le orchidee vengono fecondate dagli insetti*, Utet, Torino, 1883; Edizioni ETS, Pisa, 2009, a cura di B. Barsella e R. Dell'Orso.

1865, *The Movements and Habits of Climbing Plants*, in «Journal of the Linnean Society of London», Botany, 9, pp. 1-118.

- 1868, *The Variation of Animals and Plants under Domestication*, John Murray, London, 2° ed. 1875; trad. it. *Variazione degli animali e delle piante allo stato domestico*, Utet, Torino, 1876; Millenni Einaudi, Torino, 2011, a cura di A. Volpone.
- 1871, *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*, John Murray, London, 2° ed. 1874; trad. it. *L'origine dell'uomo e la selezione in rapporto al sesso*, in C. Darwin, *L'evoluzione*, cit., 1994, pp. 523-975.
- 1872, *The Expression of the Emotions in Man and Animals*, John Murray, London, 2° ed. 1890, ed. By F. Darwin; trad. it. *L'espressione delle emozioni nell'uomo e negli animali (con Taccuini M e N. Profilo di un bambino)*, Bollati Boringhieri, Torino, 1999, a cura di P. Ekman.
- 1875a, *The Movements and Habits of Climbing Plants*, John Murray, London; trad. it. *I movimenti e le abitudini delle piante rampicanti*, Utet, Torino, 1878.
- 1875b, *Insectivorous Plants*, John Murray, London; trad. it. *Le piante insettivore*, Utet, Torino, 1878.
- 1876, *The Effects of Cross and Self Fertilisation in the Vegetable Kingdom*, John Murray, London; trad. it. *Gli effetti della fecondazione incrociata e propria nel regno vegetale*, Utet, Torino, 1878.
- 1877, *The Different Forms of Flowers on Plants of the Same Species*, John Murray, London; trad. it. *Le diverse forme dei fiori in piante della stessa specie*, Utet, Torino, 1884.
- 1879, *Erasmus Darwin. Preliminary Notice*, with E. Krause, John Murray, London.
- 1880, *The Power of Movement in Plants*, John Murray, London, with F. Darwin; trad. it. *Il potere di movimento nelle piante*, Utet, Torino, 1884.
- 1881, *The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms, with Observations on their Habits*, John Murray, London, 2° ed. 1881; trad. it. *La formazione della terra vegetale per l'azione dei lombrici con osservazioni intorno ai loro costumi*, Utet, Torino, 1882; in «Il Cefalopodo», n. 3, 1997, Moretti & Vitali, Bergamo, pp. 86-193, a cura di S. Finzi e D. Deana.
- 1882, *Animal Intelligence*, Extracts from Darwin's Notes throughout, in G.J. Romanes, *Animal Intelligence*, Kegan Paul Trench & Co., London.
- 1883, *Essay on Instinct*, in G.J. Romanes, *Mental Evolution in Animals*, Kegan Paul Trench & Co., London, pp. 355-384.
- 1887, *The Life and Letters of Charles Darwin, Including an Autobiographical Chapter*, 3 voll., ed. by F. Darwin, John Murray, London.
- 1933, *Charles Darwin's Diary of the Voyage of H.M.S. 'Beagle'*, ed. by N. Barlow, Cambridge University Press, Cambridge.
- 1958, *The Autobiography of Charles Darwin 1809-1882*, ed. by N. Barlow, con l'aggiunta dei passi omessi nelle precedenti edizioni, Collins, London; trad. it. *Autobiografia, 1809-1882*, Einaudi, Torino, 2006.
- 1959, *Darwin's Journal*, ed. by G. de Beer, in «Bulletin of the British Museum of Natural History», Historical Series, vol. 2, pp. 3-21.
- 1959, *The Origin of Species. A Variorum Text*, ed. by M. Peckham, University of Pennsylvania Press, Philadelphia.
- 1963, *Darwin's Ornithological Notes*, ed. by N. Barlow, in «Bulletin of the British Museum of Natural History», Historical Series, vol. 2, pp. 203-278.
- 1975, *Charles Darwin's Natural Selection: Being the Second Part of His Big Species Book Written From 1856-1858*, ed. by R.C. Stauffer, Cambridge University Press, Cambridge.
- 1977, *The Collected Papers of Charles Darwin*, 2 voll., ed. by P.H. Barrett, The University of Chicago Press, Chicago.
- 1977, *The Works of Charles Darwin. An Annotated Bibliographical Handlist*, ed. by R.B. Freeman, Folkstone, Dawson.
- 1985-2011, *The Correspondence of Charles Darwin*, ed. by F. Burkhardt et alii, 18 voll., in progress, Cambridge University Press, Cambridge.
- 1988, *Charles Darwin's Beagle Diary*, ed. by Richard Keynes, Cambridge University Press, Cambridge.
- 1996, *Charles Darwin's Letters. A Selection 1825-1859*, Cambridge University Press, Cambridge, ed. by F. Burkhardt; trad. it. *Lettere 1825-1859*, Raffaello Cortina Editore, Milano, 1999.
- 2000, *Charles Darwin's Zoology Notes and Specimen Lists from H.S.M. 'Beagle'*, ed. by Richard Keynes, Cambridge University Press, Cambridge.

2009, *The Annotated Origin. A Facsimile of the First Edition of On the Origin of Species by Charles Darwin*, ed. by J.T. Costa, Harvard University Press, Cambridge (MA).

Una selezione di lettere, centrata sulla svolta spiritualista di A.R. Wallace, è stata pubblicata in edizione italiana: C. Darwin, *Lettere sul naturalismo. 1864-1870*, in «Micromega», Almanacco di Scienze 2010, pp. 99-117, a cura di S. De Cesare e T. Pievani, trad. di I. Blum.

Alcuni degli articoli pubblicati da Darwin sulla rivista «Nature» sono stati tradotti e curati da A. Volpone in: *Scritti di Charles Darwin su «Nature» (1869-1882)*, SWIF/Sito Web Italiano di Filosofia, Pubblicazioni del Quaderno di Storia della Scienza, 2003.

Le opere complete di Darwin sono consultabili online, in originale, presso il sito <http://darwin-online.org.uk/>.

La corrispondenza pressoché integrale di Darwin è consultabile online, in originale, presso il sito www.darwinproject.ac.uk.

Riferimenti bibliografici selezionati

La selezione che segue non mira all'eshaustività, impossibile da raggiungere in spazi ragionevoli a fronte della mole di studi critici e analitici che compongono la cosiddetta «industria darwiniana», bensì a offrire un corredo bibliografico per quanto possibile significativo e aggiornato rispetto all'impostazione di questa *Introduzione*, che è di tipo biografico, narrativo e filosofico-scientifico.

Biografie di Darwin

- Bowlby, J. (1990), *Charles Darwin: A Biography*, Hutchinson, London.
- Bowler, P.J. (1990), *Charles Darwin: The Man and His Influence*, Blackwell, Oxford.
- Browne, J. (1995), *Charles Darwin. Voyaging*, Princeton University Press, Princeton (NJ).
- Browne, J. (2002), *Charles Darwin. The Power of Place*, Princeton University Press, Princeton (NJ).
- Browne, J. (2006), *Darwin, L'origine delle specie. Una biografia*, Newton Compton, Roma, 2007.
- Continenza, B. (1998), *Darwin, una vita per un'idea*, Editrice Le Scienze, Milano.
- Desmond, A. e J. Moore (2009), *Vita di Charles Darwin*, Bollati Boringhieri, Torino, 2009.
- Eldredge, N. (2006), *Darwin. Alla scoperta dell'albero della vita*, Codice Edizioni, Torino, 2006.
- Howard, J. (1982), *Darwin*, Il Mulino, Bologna, 2003.
- Huxley, J. (1949), *Darwin*, Mondadori, Milano, 1983.
- Keith, A. (1959), *Darwin*, Feltrinelli, Milano, 1959.
- Keynes, Randal (2001), *Casa Darwin. Il male, il bene e l'evoluzione dell'uomo*, Einaudi, Torino, 2007.
- Keynes, Richard (2002), *Fossili, fringuelli e fuegini*, Bollati Boringhieri, Torino, 2006.
- Montalenti, G. (1982), *Charles Darwin*, Editori Riuniti, Roma.
- Quammen, D. (2006), *L'evoluzionista riluttante*, Codice Edizioni, Torino, 2008.

La visione darwiniana: genesi, struttura, stile e implicazioni

- Boncinelli, E. (2009), *Perché non possiamo non dirci darwinisti*, Rizzoli, Milano.
- Bredekamp, H. (2005), *I coralli di Darwin. I primi modelli evolutivi e la tradizione della storia naturale*, Bollati Boringhieri, Torino, 2006.
- Casini, P. (2009), *Darwin e la disputa sulla creazione*, Il Mulino, Bologna.
- Chiesura, G. (2002), *Charles Darwin geologo*, Hevelius Edizioni, Benevento.
- Chiesura, G. (2012), *Darwin e il baobab. Tempo della Terra e tempi della vita*, Alberto Gaffi Editore, Roma.
- Colp, R. Jr. (1982), *The myth of the Darwin-Marx letter*, in «History of Political Economy», 14(4): 461-482.
- Corsi, P. (1983), *Oltre il mito: Lamarck e le scienze naturali del suo tempo*, Il Mulino, Bologna.
- Cristofolini, G. e A. Managlia (2009), a cura di, *Il giardino di Darwin. L'evoluzione delle piante*, Umberto Allemandi & C., Torino.
- Dennett, D.C. (1995), *L'idea pericolosa di Darwin*, Bollati Boringhieri, Torino, 1997.
- Desmond, A. e A. Moore (2009), *Darwin's Sacred Cause*, Houghton Mifflin Harcourt,

- New York.
- Di Gregorio, M.A. (1984), *T.H. Huxley's Place in Natural Science*, Yale University Press, New Haven.
- Fay, M.A. (1978), *Did Marx offer to dedicate Capital to Darwin?*, in «Journal of the History of Ideas», 39, pp. 133-146.
- Feuer, L.S. (1975), *Is the 'Darwin-Marx correspondence' authentic?*, in «Annals of Science», 32, pp. 1-12.
- Ghiselin, M. (1969), *Il trionfo del metodo darwiniano*, Il Mulino, Bologna, 1981.
- Gould, S.J. (1977), *Questa idea della vita. La sfida di Charles Darwin*, Editori Riuniti, Roma, 1984.
- Gruber, H.E. (1974), *Darwin on Man. A Psychological Study of Scientific Creativity*, University of Chicago Press, Chicago.
- Hodge, J. e G. Radick (2003), ed. by, *The Cambridge Companion to Darwin*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kohn, D. (1980), *Theories to Work by: Rejected Theories, Reproduction and Darwin's Path to Natural Selection*, in «Studies in the History of Biology», 4, pp. 67-170.
- La Vergata, A. (1990), *L'equilibrio e la guerra della natura. Dalla teologia naturale al darwinismo*, Morano, Napoli.
- La Vergata, A. (2009), *Colpa di Darwin? Razzismo, eugenetica, guerra e altri mali*, Utet Libreria, Torino.
- Lanaro, G. (1987), *La teoria dell'induzione in William Whewell*, Franco Angeli, Milano.
- Mandel'stam, O. (1988), *Viaggio in Armenia*, Adelphi, Milano.
- Mayr, E. (1991), *Un lungo ragionamento. Genesi e sviluppo del pensiero darwiniano*, Bollati Boringhieri, Torino, 1994.
- Milner, R. (2009), *Darwin's Universe. Evolution from A to Z*, University of California Press, Berkeley-Los Angeles.
- Pagetti, C. (2010), *Il corallo della vita. Charles Darwin e l'immaginario scientifico*, Bruno Mondadori, Milano.
- Pancaldi, G. (1977), *Charles Darwin: «storia» ed «economia» della natura*, La Nuova Italia, Firenze.
- Parravicini, A. (2009), *La mente di Darwin*, Negretto Editore, Castel d'Ario (Mn).
- Pievani, T. (2005), *Introduzione alla filosofia della biologia*, Laterza, Roma-Bari.
- Pievani, T., (2006a), *Creazione senza Dio*, Einaudi, Torino.
- Pievani, T. (2006b), *La teoria dell'evoluzione*, Il Mulino, Bologna.
- Pievani, T. (2007), *In difesa di Darwin*, Bompiani, Milano.
- Stott, R. (2003), *Darwin and the Barnacle*, Norton & C., New York.
- Tort, P. (1996), a cura di, *Dictionnaire du darwinisme et de l'évolution*, 3 voll., Presses Universitaires de France, Paris.
- Wiener, P.P. (1965), *Evolution and the Founders of Pragmatism*, Harper & Row, New York.
- Zeller, P. (2007), *Romanes. Un discepolo di Darwin alla ricerca delle origini del pensiero*, Armando Editore, Roma.

Storia della critica e attualità di Darwin

- Attanasio, A. (2010), *Darwinismo morale. Da Darwin alle neuroscienze*, Utet Libreria, Torino.
- Ayala, F.J. (2007), *Il dono di Darwin*, Edizioni San Paolo, Milano, 2009.
- Barsanti, G. (2005), *Una lunga pazienza cieca. Storia dell'evoluzionismo*, Einaudi, Torino.
- Bowler, P.J. (1983), *The Eclipse of Darwinism*, Johns Hopkins University, Baltimore.
- Bowler, P.J. (1984), *Evolution. The History of an Idea*, University of California Press, Berkeley-Los Angeles.
- Bowler, P.J. (1988), *The Non-Darwinian Revolution*, Johns Hopkins University, Baltimore.
- Carroll, S.B. (2006), *Al di là di ogni ragionevole dubbio*, Codice Edizioni, Torino, 2008.
- Continenza, B. e E. Gagliasso (1996), *Giochi aperti in biologia*, Franco Angeli, Milano.
- Coyne, J.A. (2009), *Perché l'evoluzione è vera*, Codice Edizioni, Torino, 2011.
- Dawkins, R. (1976), *Il gene egoista*, Zanichelli, Bologna, 1982.

- Dawkins, R. (1986), *L'orologio cieco*, Rizzoli, Milano, 1990.
- Dobzhansky, T. (1937), *Genetics and the Origin of Species*, Columbia University Press, New York, seconda edizione 1941, terza edizione 1951; ristampa 1982, con introduzione di S.J. Gould.
- Eiseley, L. (1961), *Il secolo di Darwin*, Feltrinelli, Milano, 1975.
- Eldredge, N. (1995), *Ripensare Darwin*, Einaudi, Torino, 1999.
- Eldredge, N. (1999), *Le trame dell'evoluzione*, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2002.
- Fisher, R.A. (1930), *The Genetical Theory of Natural Selection*, ed. 1958, Dover Publications, New York.
- Forrest, B. e P.R. Gross, (2004), *Creationism's Trojan Horse*, Oxford University Press, Oxford-New York.
- Franceschelli, O. (2005), *Dio e Darwin*, Donzelli, Roma.
- Franceschelli, O. (2007), *La natura dopo Darwin*, Donzelli, Roma.
- Futuyma, D.J. (1995), *Science on Trial. The Case for Evolution*, Sinauer Associates, Sunderland (MA).
- Gagliasso, E. (2001), *Verso un'epistemologia del mondo vivente*, Guerini e Ass., Milano.
- Giroto, V., T. Pievani, G. Vallortigara (2008), *Nati per credere. Perché il nostro cervello sembra predisposto a frantendere la teoria di Darwin*, Codice Edizioni, Torino.
- Goldschmidt, R. (1940), *The Material Basis of Evolution*, Yale University Press, New Haven (Conn.).
- Gould, S.J. (1987), *La freccia del tempo, il ciclo del tempo*, Feltrinelli, Milano, 1989.
- Gould, S.J. (2002), *La struttura della teoria dell'evoluzione*, Codice Edizioni, Torino, 2003, a cura di T. Pievani.
- Gould, S.J. e N. Eldredge (1977), *Punctuated Equilibria: the Tempo and Mode of Evolution Reconsidered*, in «Paleobiology», 3, pp. 115-151.
- Gould, S.J. e R.C. Lewontin (1979), *The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: A critique of the adaptationist Programme*, in «Proc. R. Soc. London», B, 205, pp. 581-598.
- Gould, S.J. e E.S. Vrba (2008), *Exaptation. Il bricolage dell'evoluzione*, Bollati Boringhieri, Torino, a cura di T. Pievani.
- Grene, M. (1986), *Dimensions of Darwinism*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Haldane, J.B.S (1932), *The Causes of Evolution*, Longmans, Green & Co., London.
- Hamilton, W.D. (1996), *Narrow Roads of Gene Land. Evolution of Social Behaviour*, W.H. Freeman, New York.
- Hull, D.L. (1976), *Are species really individuals?*, in «Systematic Zoology», 25, pp. 174-191.
- Hull, D.L. (1983), *Darwin and His Critics: The Reception of Darwin's Theory of Evolution by the Scientific Community*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Hull, D.L. (1988), *Science as a Process*, University of Chicago Press, Chicago.
- Huxley, J. (1942), *Evolution. The Modern Synthesis*, The MIT Press, Cambridge (MA), ed. 2010.
- Jacob, F. (1978), *Evoluzione e bricolage*, Einaudi, Torino.
- Jones, S. (1999), *Quasi come una balena. Aggiornare L'origine delle specie*, Codice Edizioni, Torino, 2005.
- Kauffman, S. (1993), *The Origins of Order. Self-organization and Selection in Evolution*, Oxford University Press, Oxford-New York.
- Kimura, M. (1983), *The neutral theory of molecular evolution*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kitcher, P. (1982), *Abusing Science. The Case Against Creationism*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- Kohn, D. (1985), ed. by, *The Darwinian Heritage*, Princeton University Press, Princeton.
- Lakatos, I. (1978), *La metodologia dei programmi di ricerca scientifici. Scritti filosofici*, Il Saggiatore, Milano, 1985.
- Luzzatto, M. (2008), *Preghiera darwiniana*, Raffaello Cortina Editore, Milano.
- Maynard Smith, J. (1975), *La teoria dell'evoluzione*, Newton Compton, Roma, 1976.
- Mayr, E. (1942), *Systematics and the Origin of Species*, Columbia University Press, New York.
- Mayr, E. (1982), *Storia del pensiero biologico*, Bollati Boringhieri, Torino, 1990.
- Mayr, E. e W.B. Provine (1980), *The Evolutionary Synthesis: Perspectives on the Unification*

- of Biology, Harvard University Press, Cambridge (MA).
- Monod, J. (1970), *Il caso e la necessità*, Mondadori, Milano.
- Montalenti, G. (1965), *L'evoluzione*, Einaudi, Torino.
- Omodeo, P. (1984), *Creazionismo ed evoluzionismo*, Laterza, Roma-Bari.
- Pennock, R.T. (1999), *Tower of Babel. The Evidence against the New Creationism*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- Perakh, M. (2004), *Unintelligent Design*, Prometheus Books, New York.
- Pievani, T. (2008), *L'eredità di Darwin*, in Aa.Vv., *L'evoluzione biologica e i grandi problemi della biologia*, XXXIV seminario, Accademia Nazionale dei Lincei, Bardi Editore, Roma, pp. 303-318.
- Pievani, T. (2009), *The World after Charles R. Darwin: Continuity, Unity in Diversity, Contingency*, in «Rend. Fis. Acc. Lincei», Springer, 20: 355-361.
- Pievani, T. (2011), *La vita inaspettata*, Raffaello Cortina Editore, Milano.
- Pievani, T. (2012), *An Evolving Research Programme: the Structure of Evolutionary Theory from a Lakatosian Perspective*, in A. Fasolo, ed. by, *The Theory of Evolution and Its Impact*, Springer, New York, pp. 211-228.
- Pigliucci M. e Müller G.B. (2010), ed. by, *Evolution – The Extended Synthesis*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- Romanes, G.J. (1892), *Darwin and after Darwin. An Exposition of the Darwinian Theory and a Discussion of Post-Darwinian Questions*, The Open Court Publishing Company, Chicago.
- Romanes, G.J. (1893), *An Examination of Weismannism*, The Open Court Publishing Company, Chicago.
- Ruse, M. (1979), *The Darwinian Revolution*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Ruse, M. (1986), *Taking Darwin Seriously*, Basil Blackwell, New York.
- Ruse, M. (1989), *The Darwinian Paradigm, Essays on its History, Philosophy and Religious Implications*, Routledge, London.
- Scott, E.C. (2004), *Evolution vs Creationism*, University of California Press, Berkeley (CA).
- Shanks, N. (2004), *God, the Devil, and Darwin*, Oxford University Press, Oxford-NewYork.
- Simpson, G.G. (1944), *Tempo and Mode of Evolution*, Columbia University Press, New York.
- Simpson, G.G. (1960), *Evoluzione. Una visione del mondo*, Sansoni, Milano, 1972.
- Sterelny, K. e P.E. Griffiths (1999), *Sex and Death. An Introduction to Philosophy of Biology*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Tort, P. (2008), *Effetto Darwin*, Angelo Colla Editore, Vicenza, 2009.
- Waddington, C.H. (1975), *Evoluzione di un evoluzionista*, Armando, Roma, 1979.
- Wallace, A.R. (1890), *Darwinism*, Macmillan, London.
- Williams, G.C. (1966), *Adaptation and Natural Selection*, Princeton University Press, Princeton (NJ).
- Wilson, E.O. (1975), *Sociobiologia: la nuova sintesi*, Zanichelli, Bologna, 1979.
- Wilson, E.O. (1992), *La diversità della vita*, BUR Rizzoli, Milano, 2009.

Darwin e l'Italia

- Barsanti, G. (2009), *Fra scienze della Terra e scienze della vita. Storia dell'evoluzionismo italiano*, in L.L. Cavalli Sforza, a cura di, *La Cultura Italiana*, volume VIII, *Scienze e tecnologie*, a cura di T. Pievani, Utet Grandi Opere, Torino, pp. 406-443.
- Canadelli, E. e T. Pievani (2011), *La teoria dell'evoluzione in Italia e la scoperta del neurone*, in M. Cattaneo, a cura di, *Scienziati d'Italia. 150 anni di ricerca e innovazione*, Codice Edizioni, Torino, pp. 3-17.
- Coccia, P. (2003), *Un secolo di evoluzionismo in Italia. Bibliografia 1859-1959*, Bibliotheca Partner-Ship, Prato.
- De Filippi, F. (1864), *L'uomo e le scimmie. Lezione pubblica detta in Torino la sera dell'11 gennaio 1864*, in «Il Politecnico», 21, 1864, pp. 5-32.
- Fogazzaro, A. (1977), *Ascensioni umane*, a cura di P. Rossi, Longanesi, Milano.

Giacobini, G. e G.L. Panettoni (1983), a cura di, *Il darwinismo in Italia. Testi di F. De Filippi, M. Lessona, P. Mantegazza, G. Canestrini*, Utet, Torino.

Groeben, C. (1982), a cura di, *Charles Darwin – Anton Dohrn Correspondence*, Macchiaroli Editore, Napoli.

Herzen, A. (1869), *Sulla parentela fra l'uomo e le scimie. Coll'articolo del sen. Lambruschini e la risposta del dott. Herzen*, Andrea Bettini Libraio-Editore, Firenze.

Landucci, G. (1996), *Darwinisme Italien*, in P. Tort (a cura di), *Dictionnaire du Darwinisme et de l'Évolution*, vol. 1, Presses Universitaires de France, Paris, pp. 954-1041.

Mantegazza, P. (1871), *L'elezione sessuale e la neogenesi. Lettera del prof. Paolo Mantegazza a Carlo Darwin*, in «Archivio per l'Antropologia e l'Etnologia», 1, p. 306.

Mantegazza, P. (1877), *Rivista Scientifica. I Darwiniani fanatici e l'Antropogenia dell'Haeckel*, in «Nuova Antologia», 33, pp. 477-482.

Minelli, A. e S. Casellato (2001), ed. by, *Giovanni Canestrini. Zoologist and Darwinist*, Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, Venezia.

Pancaldi, G. (1983), *Darwin in Italia*, Il Mulino, Bologna.

Rosa, D. (2001), *Ologenesi*, a cura di A. La Vergata, Giunti, Firenze.

Tommaseo, N. (1869), *L'uomo e la scimmia*, Agnelli, Milano.

Siti web

Il portale italiano dell'evoluzione: www.pikaia.eu.

Il portale della Mostra internazionale «Darwin 1809-2009», a cura di Niles Eldredge, Telmo Pievani e Ian Tattersall: www.darwin2009.it.

[1] I numeri di pagina dei Taccuini qui indicati si riferiscono alla numerazione originale di Darwin, reperibile nell'edizione italiana parziale dei Taccuini della Trasmutazione *Taccuini 1836-1844*, Laterza, Roma-Bari 2008.

[2] Per capire quanto sia stata importante, nella formazione delle idee di Darwin, la sua opposizione allo schiavismo, si veda Desmond, Moore, 2009.

[3] Da *Viaggio in Armenia*, Adelphi, Milano 1988, p. 147.

[4] Ivi, p. 142.

[5] Ivi, p. 146.

Table of Contents

— dedica

1. Un romanzo di formazione

1. Due famiglie intrecciate
2. Un giovane naturalista nella camera di Paley
3. Battesimo geologico e oceanico
4. Tutte le isole del mondo
5. Il più basso grado di umanità?
6. Natura sovrana
7. L'instabilità della Terra
8. Le Galápagos e il mito dell'illuminazione
9. Più domande che risposte

2. I taccuini giovanili: una rivoluzione scientifica vista dall'interno

1. Un inizio saltazionista
2. Le specie come entità discrete
3. L'albero e il corallo della vita
4. «Qualcosa che potrebbe rivoltare l'intera metafisica»
5. Tutti legati in un'unica rete
6. «Hurrah!», ecco il meccanismo
7. Come pagine strappate da un libro

3. L'evoluzionista riluttante

1. Il primo «abbozzo» del 1842
2. È come confessare un omicidio
3. Sapere tutto, ma proprio tutto, di una piccola porzione della natura
4. I fatti precipitano

4. L'origine delle specie

1. Da ogni pagina sventola la bandiera della flotta britannica
2. Metodologia e struttura dell'«Origine»: il nocciolo variazione-selezione
3. Selezione naturale e principio di divergenza
4. Il «lungo ragionamento» e il tema irrisolto del progresso
5. Strutture e funzioni: il problema del 5% di un'ala
6. Predizioni rischiose
7. Un problema in piccolo e un problema in grande

5. Le opere antropologiche

1. Il paradosso di Wallace e il naturalismo di Darwin
2. Una natura piena di emozioni
3. Storie naturali della mente
4. La selezione sessuale e le razze umane
5. Il darwinismo sociale di Darwin
6. Il paradosso dell'altruismo

6. Un tranquillo ribelle di campagna

1. La materia prima del cambiamento evolutivo
2. Le incertezze sull'ereditarietà e l'«ipotesi provvisoria» della pangenesi
3. Leggi e dettagli contingenti: la caduta del progetto
4. Darwin e la religione
5. Musica per lombrichi

Cronologia della vita e delle opere

Storia della critica

Il fatto e la teoria dell'evoluzione: il neodarwinismo

Le critiche scientifiche interne e quelle scientifiche esterne

La Sintesi Moderna

Un lungo fraintendimento

Verso una sintesi neodarwiniana estesa

Darwin in Italia

Opere di Darwin (con indicate le principali edizioni italiane)

Riferimenti bibliografici selezionati